



كيمياء التصوير الفوتوغرافي

تأليف

هورنج. ت. إيتون

ترجمة

سعد عبد الرحمن قلاج

مراجعة

د. أحمد مصطفى



الغلاف – تصميم الأناقة عصمت عبد الحميد

اهداءات ٢٠٠٢

د/محمد عبد الفتاح الغمراوي

الاسكندرية

كيمياء التصوير الفوتوغرافي

للفيلم الأبيض والأسود والفيلم الملون

بإشراف
الهيئة العامة
للكتب والمكتبات
بوزارة التعليم العالي

هذه ترجمة كتاب :

PHOTOCHEMISTRY

IN BLACK & WHITE AND COLOR PHOTOGRAPHY

تأليف :

GEORGE T. EATON

المحتويات

صفحة	
١	مقدمة المؤلف
٣	الباب الأول : العملية الفوتوغرافية
٩	الباب الثاني : التاريخ الكيميائي للعملية الفوتوغرافية
١٧	الباب الثالث : المستحلب الفوتوغرافي
٣١	الباب الرابع : استجابة المستحلب الفوتوغرافي للضوء
٣٧	الباب الخامس : المحاليل والمواد الكيميائية المستخدمة في التشفيل الفوتوغرافي
٤٧	الباب السادس : محاليل الإظهار الفوتوغرافية
٦٣	الباب السابع : كيمياء عملية الإظهار
٧٧	الباب الثامن : كيمياء الإظهار بالألوان
٨٥	الباب التاسع : قياس الإظهار
٩٧	الباب العاشر : مراقبة عملية الإظهار
١١١	الباب الحادي عشر : محاليل التثبيت الفوتوغرافية
١٢٧	الباب الثاني عشر : تشفيل المواد الفوتوغرافية العكسية
١٢٧	الباب الثالث عشر : أنظمة الألوان العملية
١٤٩	الباب الرابع عشر : غسيل المواد الفوتوغرافية المشغولة
١٦١	الباب الخامس عشر : مستلزمات الغسيل العملية
١٧٥	ملحق رقم ١ - عمليات التصوير بالألوان
١٨٠	ملحق رقم ٢ - جداول تحويل الوحدات المختلفة للموازين والمقاييس
١٨٢	ملحق رقم ٣ - جداول جزئي للعناصر الكيميائية

مقدمة المؤلف

هذا الكتاب موجه أساساً إلى العاملين في التصوير الفوتوغرافي ، أو في الصناعة الفوتوغرافية ، الذين لم يتح لهم إلا قدر ضئيل جداً من التأهيل التدريبي في الكيمياء ، أو الفيزياء ، أو النظرية الفوتوغرافية ، وكذلك الذين لم يحظوا حتى بذلك القدر الضئيل . فقد كتب هذا الكتاب بهدف أن يوفر لهؤلاء جميعاً قدراً أحسن من الفهم للعملية الفوتوغرافية ، ومن ثم للمهام التي يطالبون بالقيام بها في عملهم اليومي .

وتتضاعف مجالات استخدام التصوير الفوتوغرافي يوماً بعد يوم ، وبالذات في الصناعة والعلم . الأمر الذي يحتاج إلى من هم على درجة عالية من التأهيل . وهناك بالتالي ميل متزايد في الصناعة الفوتوغرافية ، والاستديوهات التجارية للمحترفين ، وفي المعامل الفوتوغرافية ، وبقية أنواع الاستديوهات ، إلى الاستعانة بموظفين قد نالوا قسطاً من التدريب الفوتوغرافي ، وإلى دفع الموظفين الحاليين ، أو نصحبهم بالالتحاق بالمدارس المسائية لدراسة الفوتوغرافيا ، أو اتباع أى طريقة أخرى في التدريب والدراسة . ويعتبر التعرف على القواعد الأساسية للتشغيل الفوتوغرافي وتفهمها ، أحد الضروريات الهامة في هذا الاتجاه الجديد ، إذ إن جميع المواد الفوتوغرافية يجب أن تمر بمرحلة التشغيل . وكذلك لأن مستعملي المواد الفوتوغرافية قد أصبحوا أكثر وعياً بأهمية التشغيل الدقيق للمواد التي يستخدمونها ، كضمان للحصول على نتائج أكثر جودة ، وصور أقدر على الدوام لفترات زمنية أطول بعمليات أكثر اقتصاداً .

ونأمل في أن هذه الدراسة المرتبة المنسقة للعملية الفوتوغرافية ، وبالذات لأساليب التشغيل الفوتوغرافي ، سوف تزيد من فهم القارئ لها . ولقد بذلت محاولة لتبسيط المعالجة الكيميائية خاصة ، ونأمل أن يغفر لنا القراء الذين نالوا

قدراً من التدريب في العلوم ، ذلك القدر من الجرأة الذي تناولنا به هذه المسائل .

ولقد بنينا تنسيق واختيار مواد الكتاب على ما توافر لدينا من خبرة اكتسبناها من تدريس برنامج في كيمياء التصوير الفوتوغرافي لطلبة معهد التكنولوجيا بروشستر لسنوات عدة .

ونرجو أن يكون الكتاب جديراً باهتمام القارئ العادي ، والمصور الفوتوغرافي المحترف أو الهاوي ، وباهتمام هؤلاء القائمين بالأعمال الفوتوغرافية في المجالات الصناعية ، والعاملين في وحدات الإنتاج في الصناعة الفوتوغرافية ، بل ودارسي العلوم المدرسين المشتغلين في فروع العلم الفوتوغرافي الأخرى . ومن الممكن اتخاذ هذا الكتاب مرجعاً في المدارس العليا ، والمدارس المسائية ، والمناهج الدراسية التكميلية التي تقام لتزويد الملتحقين بها بفهم أكبر للعملية الفوتوغرافية على مستوى المبادئ الأولية .

الباب الأول

العملية الفوتوغرافية

التصوير الفوتوغرافي هو عملية إنتاج تسجيل لموضوع ما بواسطة تأثير الطاقة الإشعاعية على مادة قد عولجت بطريقة كيميائية لإكسابها حساسية للضوء ، ثم معالجة هذه المادة بعد ذلك حتى لا يختفى التسجيل من عليها . وهذا هو ما يدل عليه فعلا المعنى الحرفي لكلمة الفوتوغرافيا - « أى التصوير الفوتوغرافي » - فهو عملية الرسم بالضوء . والخطوات التى تتخذ لإنجاز هذه المهارة تكون فى مجموعها ما يطلق عليه اسم العملية الفوتوغرافية .

وعلى مر السنين ، نالت خطوات العملية الفوتوغرافية الكثير من اهتمام الباحثين وجهودهم ، حتى أصبح فى الإمكان الحصول على الصور الحملية بالألوان والأبيض والأسود ، وكذلك التسجيلات الفوتوغرافية العديدة التى تستخدم فى العلوم والمهن والصناعة .

ومهما كان نوع الصورة أو التسجيل الفوتوغرافي المطلوب الحصول عليه ، فإن العملية الفوتوغرافية تشتمل على مراحل التعريض ، والإظهار ، والتثبيت ، والغسيل النهائى . (ويطلق على الإظهار والتثبيت والغسيل النهائى اسم عملية التشغيل Processing) .

التعريض الضوئى - Exposure : وفى هذه المرحلة يتم توجيه الضوء بوسيلة أو بأخرى بحيث تستقبله مادة حساسة له . وسواء كان الهدف هو تصوير موضوع ما بواسطة الكاميرا ، أو عمل تسجيل فوتوغرافي لبعض الحقائق العلمية (باستخدام آلات أخرى غير الكاميرا) ، فإن الضوء يؤثر على المادة منتجا بين ثناياها ما يسمى بالصورة الكامنة Latent Image . ويعنى هذا أن المادة الحساسة

للضوء قد تأثرت بطريقة معينة جعلت من الممكن أن نحصل منها على صورة مرئية بعد معالجتها في محلول الإظهار . ولا تستطيع العين المجردة عامة أن تدرك الصورة الكامنة ، فهي غير مرئية بالنسبة لها ومن ثم سميت بالكامنة .

الإظهار Development : من الضروري أن تمر المادة الفوتوغرافية بعد استقبالها للتعرض الضوئي بعمليات كيميائية معينة ، حتى يتسنى لنا الحصول على الصورة النهائية . والإظهار هو معالجة المادة الفوتوغرافية التي تعرضت للضوء في محلول يسمى بالمظهر (أو محلول الإظهار) لأنه يحول الصورة الكامنة إلى صورة مرئية ، أي يظهرها .

التثبيت — Fixation : يتمخض التعريض الضوئي عن تأثير جزء فقط من المادة الحساسة بالضوء . وفي المحلول المظهر يتحول هذا الجزء ، أي الصورة الكامنة إلى صورة واضحة مرئية . أما ذلك الجزء الذي لم يتأثر بالضوء في أثناء عملية التعريض ومن ثم لم يعان من أى تغير في المحلول المظهر ، فيجب إزالته من على المادة الفوتوغرافية لتوفير أسباب البقاء والدوام للصورة .

وتستعمل لهذا الغرض محاليل كيميائية تسمى بحامات التثبيت . وتسمى هذه الخطوة من العملية الفوتوغرافية بالتثبيت . أى أن تثبيت الصورة يعنى التخلص من أجزاء المادة الفوتوغرافية التي تهدد دوام الصورة .

الغسيل — Washing : بانتهاء مرحلة التثبيت يصبح من الضروري التخلص من المواد الكيميائية المتبقية على المادة الفوتوغرافية ، والتي نتجت من التفاعلات الكيميائية التي تمت بين المحلول المثبت والمادة الفوتوغرافية . وإذا سمحنا لهذه المواد بالبقاء ، فإنها قد تؤثر على الصورة بمرور الوقت وتحطم معالمها . وتتم عملية الإزالة هذه بغسل المادة الفوتوغرافية بالماء الجارى . هذا مع ملاحظة أن المادة الفوتوغرافية قد تكون فيلماً أو لوحاً حساساً ذا دعامة من الورق أو الزجاج . وباستثناء بعض التطبيقات الخاصة للعملية الفوتوغرافية ، فإنه يتم تخطيط مراحلها بما يكفل إنتاج صور دائمة نسبياً ، قادرة على البقاء في حالة جيدة لفترة زمنية طويلة . ولتحقيق ذلك يجب أن تحظى العلاقة بين مرحلتى التثبيت والغسيل النهائى بأهمية فائقة .

وتشتمل أبسط عمليات التشغيل التي تتبع للحصول على السليبيات (الصور النجائيف) أو الإيجابية (الصور البوزتيف المطبوعة من السليبيات) ، على مراحل الإظهار والتثبيت والغسيل النهائى . ولكن من المرغوب فيه غالباً إدخال خطوات إضافية معينة على المراحل السابقة، مثل استعمال حمام غسيل حامضى بين الإظهار والتثبيت، من أجل توفير وسيلة أكثر دقة للتحكم فى جودة النتائج، ولاختزال الأضرار التى تنشأ عن انتقال محلول الإظهار إلى حمام التثبيت بين ثانيا المادة الفوتوغرافية ، فى أثناء التشغيل :

تشغيل الصور العكسية : لا تحمل الصورة التى حصلنا عليها فى الدورة السابقة شبيهاً بالموضوع الأصيل (أى الموضوع المصور) إذ إن الأجزاء البيضاء به قد تحولت فيها إلى مناطق سوداء . فى حين بدت أجزاءه السوداء بيضاء فى الصورة . وتسمى هذه الصورة بالسلبية (أى الصورة النجائيف) . وإذا ما أردنا الحصول على صورة تشبه الموضوع الأصيل ، فانه لا بد من طبع السلبية على النوع المناسب من الورق الفوتوغرافى . وتسمى الصورة الناتجة بالإيجابية (أى الصورة البوزتيف) . وهناك تطبيقات للعملية الفوتوغرافية يكون من المرغوب فيها الحصول مباشرة على صورة إيجابية (بوزتيف) تشبه الموضوع الأصيل دون استغلال مرحلة الطبع ، (أى دون المرور بمرحلة السلبية المنفصلة) . وذلك كما فى حالة الأفلام السينمائية للهواة على الفيلم الأبيض والأسود ، والفيلم الملون . وكذلك فى حالة إنتاج الشفافيات الملونة فى التصوير الثابت ، وبعض أنواع الطباعات الملونة . ويقتضى ذلك إجراء تعديل لا يستهان به فى دورة تشغيل الصور السالبة — الموجبة السابق شرحها . ويسمى هذا التكنيك بدورة التشغيل العكسية .

ففى تشغيل السليبيات تعالج المادة الحساسة فى محلول الإظهار بعد استقبالها للتعريض الضوئى حتى نحصل على الصورة . وبعد ذلك يتم فى حمام التثبيت، التخلص من أجزائها (أى أجزاء المادة الحساسة) التى لم تستقبل تعريضاً ضوئياً ، ومن ثم لم تتأثر بمحلول الإظهار . أما فى التشغيل العكسى فان السلبية الناتجة على الفيلم هى التى يتم التخلص منها ، بامرار المادة الفوتوغرافية المحتوية عليها فى محاليل ذات تركيب كيميائى معين . وبعد ذلك تعرض المواد الحساسة المتبقية للضوء ، ثم يتم إظهارها

بدلاً من تثبيتها . والصورة النهائية الناتجة تشبه الموضوع الأصلي . وللغسيل برذاذ الماء أهمية فائقة في هذا النوع من أنواع التشغيل ، لأنه من الضروري إزالة جميع



شكل رقم (٢) صورة موجبة



شكل رقم (١) صورة سالبة

المواد الكيميائية المتبقية على المادة الفوتوغرافية بعد انتهاء معالجتها في كل محاولة من محاليل التشغيل ، لمنع اختلاط المحاليل ببعضها (حتى لا تتلوث) . وكذلك فإن عملية الغسيل في نهاية دورة التشغيل العكسي أساسية لإزالة آثار المواد الكيميائية المتبقية على الصورة ، والتي قد تؤدي في المستقبل إلى طمس معالمها .

تشغيل المواد الفوتوغرافية الملونة :

يجب أن تتكون الصورة الملونة في أثناء الإظهار ، وأن تتخذ كافة الاحتياطات لعدم تحطيمها في أثناء الخطوات التالية من خطوات عملية التشغيل . ولقد أدت هذه الحقيقة إلى جعل تشغيل المواد الفوتوغرافية الملونة عملية معقدة . ولمنع التداخل والاختلاط بين المحاليل المستخدمة في التشغيل ، وما يترتب على ذلك من ضعف في نوعية الألوان ، تحظى عمليات الغسيل برذاذ الماء ، والخاضعة لنوع دقيق من التحكم والمراقبة ، بأهمية خاصة في عمليات تشغيل المواد الملونة .

كيمياء التشغيل الفوتوغرافي :

تهتم كيمياء التشغيل الفوتوغرافي بالتفاعلات التي تجرى في أثناء الإظهار والتثبيت والغسيل ... الخ . وكذلك تتناول عمليات ضبط تركيب المحاليل ومراقبة ظروف التشغيل (مثل درجة الحرارة) اللازمة للحصول على النتيجة المطلوبة . ويمكن تطبيق الكثير من تفاصيل كيمياء التشغيل — بدرجة متساوية من الأهمية — على كل من عمليتي تشغيل السلبات ، والصور العكسية . وبالرغم من أن محاليل الإظهار المستخدمة في تشغيل الصور الملونة أكثر تعقيداً من تلك المستخدمة في تشغيل الصور الأبيض والأسود ، فإن عمليات تشغيلها تشتمل على نفس التفاعلات الأساسية البسيطة المتضمنة عليها الأخيرة . وبناء على ذلك فإنه من الممكن أن نناقش كل مرحلة من مراحل العملية الفوتوغرافية على حدة ، (ولقد قسمنا هذه المراحل من قبل إلى الإظهار والتثبيت والغسيل) . وبذلك نتحاشى التكرار الذي قد يقع فيه في أثناء المناقشات الخاصة بتشغيل السلبات ؛ أو الصور العكسية من النوعين الأبيض والأسود والملون . وحتى نستطيع إدراك هذه العمليات المختلفة فإنه من الضروري أن نلم بشيء عن تركيب المواد الحساسة للضوء ومدى استجابتها له . كما قد يساعدنا الاستعراض الموجز للتاريخ المبكر لكل من علم الكيمياء ، وعلم التصوير الفوتوغرافي على استنباط تفسير سهل للإصطلاحات الكيميائية الشائعة الاستعمال في التصوير الفوتوغرافي ، إذ بلغ هذان العلمان الدرجة القصوى من الأهمية في كل ما يتعلق بالعملية الفوتوغرافية المعروفة لنا في هذه الأيام .

الباب الثاني

التاريخ الكيميائي للعملية الفوتوغرافية

(لم تقم لعلم الكيمياء بداية حتى عام ١٦٦١
ولم يبدأ التصوير قبل عام ١٧٢٧)

طوال السنوات من عام ٦٠٠ قبل الميلاد إلى ١٦٦١ بعد الميلاد تمت محاولات عديدة لوصف تركيب المادة . ولقد قرر إمبيدوكليس Empedocles في عام ٤٥٠ قبل الميلاد أن المادة تتكون من أربعة جواهر عنصرية هي الهواء والماء والأرض والنار . وأعلن أرسطو Aristotle (٣٨٤ إلى ٣٢٢ ق. م) أن جميع المواد تحتوي على لب أساسي هو الذي يحمل السجايا الأربعة الأساسية للمادة ، وهي الدفء والبرودة والجفاف والرطوبة . ومن تجميع هذه السجايا في أزواج تنشأ العناصر الأربعة التي ذكرها إمبيدوكليس . وفي أيامنا هذه تبدو هذه الآراء سخيفة حتى بالنسبة لرجل الشارع . ولكنه حتى عام ١٦٦١ لم يكن قد قام تعريف أو فهم صحيح للمادة ، إلى أن عرف روبرت بويل Robert Boyle العناصر والمركبات فقال : « إنني أعني بكلمة عنصر ... أجساماً معينة بدائية وبسيطة ، أو الأجسام غير المختلطة التي لا تشوبها شائبة ، والتي لكونها لم تنشأ من أي من الأجسام الأخرى ، أو من بعضها البعض ، فانها هي مواد التركيب الأصلية التي تتألف منها تلقائياً جميع الأجسام الأخرى التامة المزج . والتي تتفكك إليها في النهاية » . أو بعبارة أخرى العناصر ؛ هي أبسط أشكال المادة ، وهي تستطيع أن تتحد مع بعضها مكونة المركبات .

وخلال القرنين السابع عشر والثامن عشر مال جميع الرجال المتعلمين إلى أن يدلوا بدلوهم في الكيمياء ، سواء الأطباء البشريون ، أو رجال القانون ، أو المعلمون

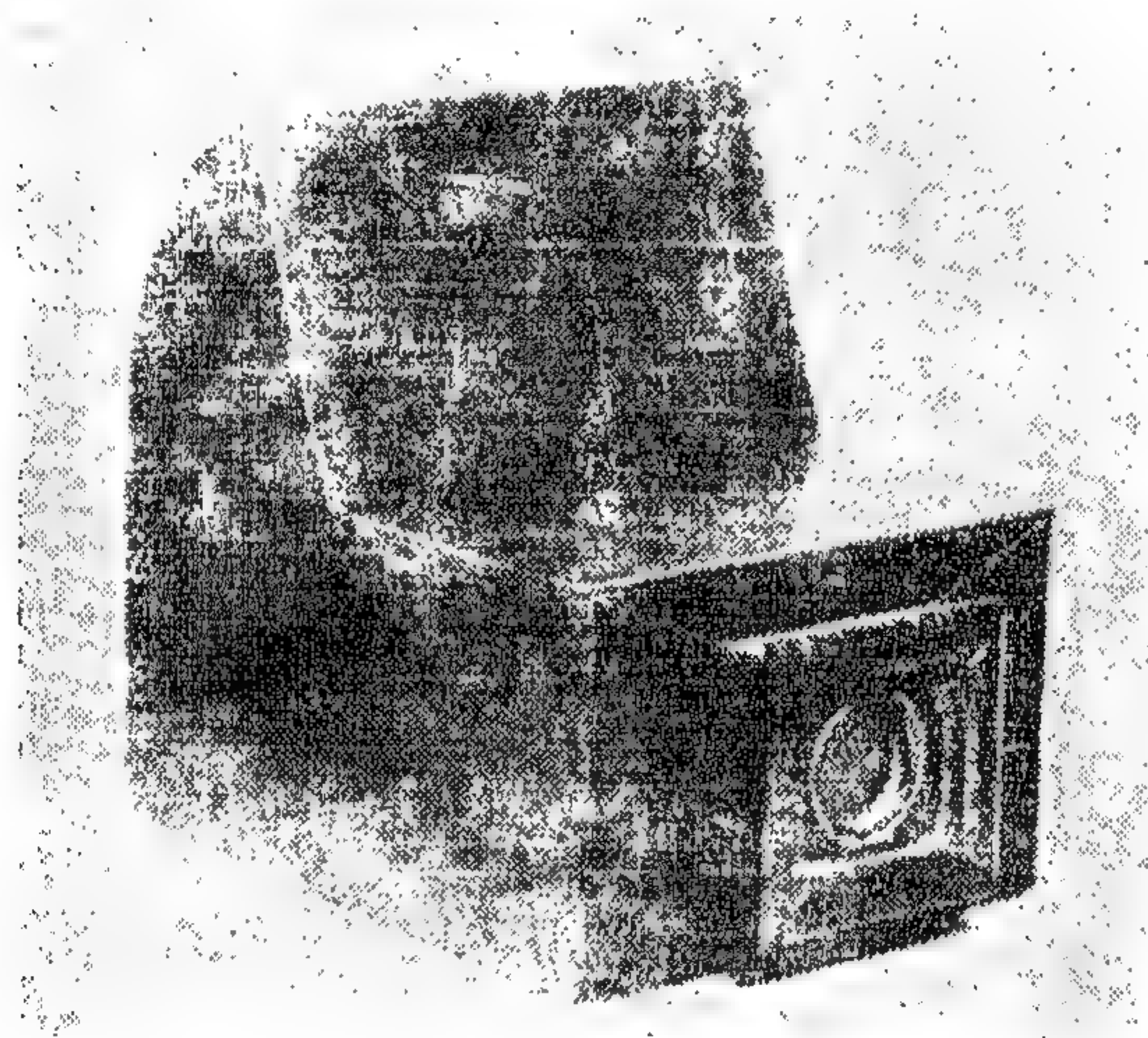
أو رجال الكهنوت ، على أمل اكتشاف شيء جديد . وأجروا تجارب على العناصر والمركبات المختلفة المتاحة لهم . وفي أثناء هذه الفترة بزغ الكثير من النظريات الأساسية في علم الكيمياء . وسوف نذكر فيما يلي بعض التجارب التي شكلت أسس علم التصوير الفوتوغرافي ، والعملية الفوتوغرافية .

في عام ١٧٢٧ أجرى ت. ه. شولز T. H. Schulze بعض التجارب على مركبات الفضة . إذ كان في الحقيقة يحاول الحصول على انطباع لورقة نضاجة (استنسل) على أسطح مغطاة بمخاليط من الطباشير والفضة وحامض النيتريك وبعض المواد الكيميائية الأخرى . ولقد قرر أن كلوريد الفضة - وهو مركب يحتوي على عنصر الفضة متحداً مع عنصر الكلور - قد اسود (تحول لونه إلى الأسود) بتأثير الضوء . وكلوريد الفضة أحد المركبات الفائقة الأهمية في التصوير الفوتوغرافي .

وبعد مضي عشر سنوات ، كان هيلوت Heliot يحاول عمل حبر غير مرئي . ونثر في إحدى تجاربه محلولاً من مركب نترات الفضة على الورق . ولاحظ أنه قد اسود عندما تعرض للضوء .

وفي عام ١٨٠٢ ، أي بعد التجربة السابقة بخمسة وستين عاماً ، كان ت. ويد جود T. Wddgewood ، وهمفري دافي Humphery Davy يحاولان إنتاج ظل (أو خيال) لجسم ما بواسطة تأثير الضوء ، وب نفس الطريقة التي اتبعها شولز تقريباً . واستعملوا أوراقاً مغطاة بمحلول نترات الفضة ، وحاولوا تعريضها للضوء وهي داخل الخزانة ذات الثقب Camera Obscura . وكانت الأخيرة عبارة عن صندوق ضوئي محكم ، به ثقب ضيق أو عدسة بسيطة عند المقدمة لتوجه الضوء إلى الورقة . ولم يوفقا في الحصول على صورة . وفي هذه التجربة تم للمرة الأولى استخدام العمليات الكيميائية والبصرية جنباً إلى جنب . وحصولاً على صورة عندما كررا المحاولة مستخدمين أوراقاً مغطاة بكلوريد الفضة . ولكن الصورة لم تدم طويلاً ، لأنه لم تكن قد عرفت بعد طريقة لإزالة كلوريد الفضة الذي لم يستخدم في التعريض الضوئي من على الورقة ، حتى لا يتحول لونه إلى الأسود ويطمس معالم الصورة . وبالصدفة قد وصف ليوناردو دافينشي في القرن السادس عشر

للمرة الأولى ، الخزانة ذات الثقب التي كان الفنانون يستعملونها في شَفْهِ
صورة على لوح من الزجاج الخشن Ground Glass في القرن السادس عشر .
وحتى عام ١٨٣٧ لم يكن ج. ب. ريد J. B. Reade قد اكتشف بعد مقدرة
ثيو سلفات الصوديوم . أى الهيبو . على إزالة المواد الكيميائية الحساسة للضوء
من على مساحات الفيلم السالب أو الموجب التي لم تتعرض للضوء في أثناء التصوير
أو الطبع . ويتفاعل الهيبو مع مركبات الفضة ليكون مركبات جديدة يمكن إزالتها
من على الفيلم بامراره في حمام مائي . ومحلول الهيبو في الماء هو المثبت أو المحلول
المثبت .

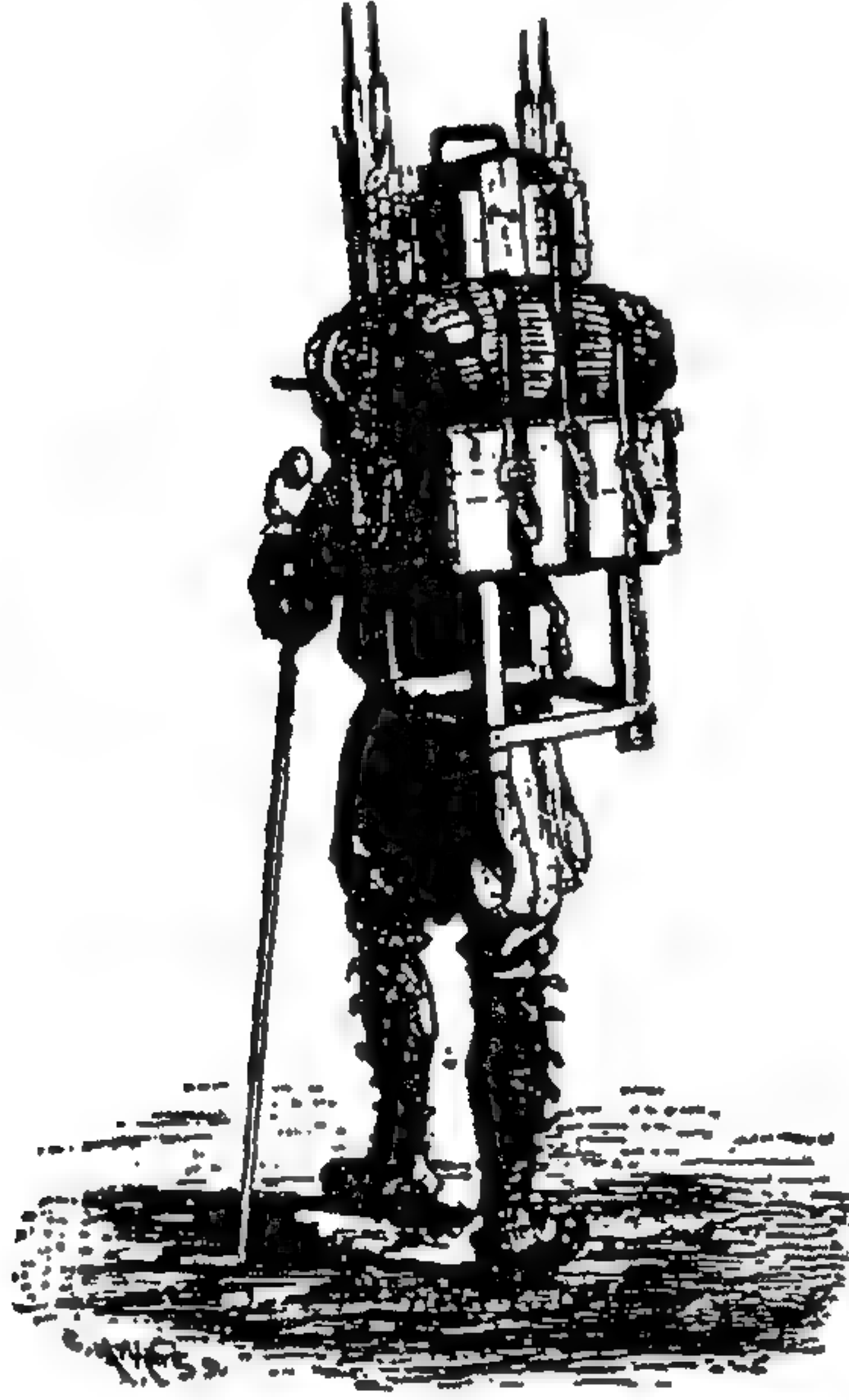


شكل رقم (٣) الخزانة ذات الثقب

كأنت الصورة تنعكس من مرآة على شاشة عبارة عن لوح من الزجاج
الخشن (أو المصنفر) بأكمة محجبة مرفوعة . ويستطيع الفنان
بوضع ورقة على لوح الزجاج أن يشف الصورة بالقلم

وفي غضون ذلك الوقت اقترح فوكس Fox Talbot أنه لا بد
من إيجاد محلول معين يستطيع أن يولد ، أو يظهر صورة على الأسطح التي عولجت
من قبل لإكسابها حساسية للضوء بعد تعريض ضوئي يستغرق زمناً قصيراً .
وبعبارة أخرى يتم إنتاج الصورة المرئية بطريقة كيميائية بدلاً من أن يتم إنتاجها
كلية بتعريض المادة الحساسة للضوء لفترة زمنية طويلة . وقد أعان نجاحه الشخصي

في هذه التجارب في عام ١٨٤١ . وحصل من هذه العملية على صورة سالبة (أى نيجاتيف) بدت فيها الأجزاء السوداء في الموضوع المصور بيضاء والعكس صحيح . كما كانت الصورة معكوسة (مقلوبة) أيضاً بالنسبة للشمال واليمين . ومن هذه السليبات (النيجاتيف) طبعت صور إيجابية (بوزتيف) بدت فيها الدرجات



شكل رقم (٤)

مصور اللوح المبتل ، وهو يحمل ربطة مهماته الثقيلة . فقد كان من المحتم عليه أن يحمل على ظهره حجرة مظلمة متنقلة . ويقوم المصور بتغطية ألواح (التي يستخدمها في التصوير) بالعجينة الفوتوغرافية ثم يعود سرياً إلى تشغيلها فيها (قبل أن تجف) بعد أن تستقبل التعريض التعريض الضوئي داخل الكاميرا

اللونية بنفس علاقاتها القائمة في الموضوع الأصلي . وهذه هي عملية الكالوتيب^(١) Calotype التي تعتبر السلف الصالح للتصوير الفوتوغرافي . وتم للمرة الأولى الحصول على صورة يمكن حفظها لبعض الوقت تكونت على طبقة من المادة الحساسة للضوء بعد تعريضها وتشغيلها (تحميضها) بمعالجتها في محلول الإظهار ثم محلول التثبيت .

(١) يمكن رؤية مجموعة من طبقات الكالوتيب الأصلية في معرض شركة جورج اينستمان ، بروكسستر - نيويورك .
المؤلف

وتطلع الناس إلى عملية أكثر سرعة . وأدت تجارب عديدة إلى معرفة عملية اللوح المبتل التي ابتكرها سكوت آرشر Scott Archer في ١٨٥١ . فقد صنع معلقاً من كلوريد الفضة في النيتروسيلوز ، وفرشه على ألواح من الزجاج ، وعرضه للضوء مباشرة وهو مازال مبتلاً ، ثم قام باظهاره . واستعمل دعائم من الزجاج بدلا من الورق . وبالرغم من أنها لم تكن مناسبة إلا أنها أعطت نتائج أكثر جودة . وما زال البعض يستخدمون هذه الطريقة حتى اليوم في حرفيات فن الطباعة .

ولم تكن تلك الأداة المربكة المستخدمة مع الألواح المبتلة بالأداة المناسبة ، ولكنه حتى عام ١٨٧٠ لم يتح شيء أفضل منها . وفي ذلك العام وصف دكتور مادوكس Madox طريقة لعمل عجينة فوتوغرافية ، بتوفير الأسباب لبروميد الفضة بأن يتكون في محلول من الجيلاتين . وبعد ذلك يفرش المستحلب الناتج على دعائم تجفف قبل الاستعمال . وفي البداية لم يكن في وسع المستهلك العادي أن يحصل على هذا النوع من المستحلبات ، إذ كان يباع بكميات كبيرة ، ولكن الأسواق ما لبثت أن امتلأت بالمستحلبات ، المفروشة على ألواح جافة . وأصبحت الألواح الجافة في متناول اليد .



شكل رقم (٦) وليام هنري فوكس تالبوت



شكل رقم (٥) فريدريك سكوت آرشر

ولا تختلف القواعد الأساسية لتحضير وتصنيع العجائن الفوتوغرافية الحديثة اختلافاً كبيراً عن تلك التي قامت عليها صناعة الألواح الجافة المبكرة .

الكيمياء المبكرة :

وفي خلال مراحل تطور العملية الفوتوغرافية التي ذكرناها من قبل : تم كشف النقاب عن كثير من النظريات الكيميائية المبكرة . وما إن جاء عام ١٨٠٣ حتى كانت تلك النظريات الفجة التي أعلنها الفلاسفة الإغريقون والكيميائيون الأوائل ، قد أهملت تماماً . وفي عام ١٨٠٨ أعلن مدرس يدعى دالتون أن الذرات حبيبات محددة متماسكة من المادة لا تنقسم . ولا تتأثر بأقوى التغيرات الكيميائية عنفاً وشدة . وتتألف الذرات التي من نفس النوع مع بعضها مكونة العنصر . وهناك أنواع مختلفة من الذرات ومن ثم أنواع مختلفة من العناصر . وعندما تتحد الذرات المختلفة مع بعضها البعض ينتج الجزيء . ومجاميع الجزيء الواحد تكون المركب .

والمواد مثل النحاس والكبريت عبارة عن عناصر . والنحاس مادة صلبة ذات لون أحمر توصل الحرارة والكهرباء . والكبريت مسحوق متبلور يحترق بسهولة في الهواء . وهو ليس بمعدن . « أى لا فلز » ولا يوصل الكهرباء . ولكنه عند تسخين برادة النحاس مع زهر الكبريت ، يتحد العنصران كيميائياً وينتج عن هذا الاتحاد مركب يسمى بكبريتيد النحاس . وهو لا فلز ، وله لون أسود ، ولا يوصل الحرارة أو الكهرباء ، ولا يحترق في الهواء . وليس له أى من الصفات . أو المظهر المميز لأى من العنصرين .

والإعتماد اللوني الذي ينتاب الأدوات الفضية مثال آخر مألوف لنا ، وسببه هو غاز كبريتيد الأيدروجين (الذي له رائحة البيض الفاسد) المستخلص من غاز الاستصباح والفحم . وعندما يتفاعل عنصر الكبريت الموجود في الغاز مع عنصر الفضة ينتج المركب البنى اللون ؛ المسمى بكبريتيد الفضة ؛ على أسطح الأواني الفضية مسبباً إعتامها . ويشكل ملح الطعام العادى مثالا آخرأ جديراً بالاهتمام . ويطلق الكيميائيون على هذا الملح اسم كلوريد الصوديوم . وكلا عنصريه : الصوديوم والكلور نشيطان للغاية . وكل منهما ضار إذا وجد بمفرده ، ولكنهما عندما يتحدان مع بعضهما البعض ؛ ينتج ملح الطعام عديم الضرر . وبفضل تلك الحقيقة التي تنص على أن

المركبات الناشئة عن التفاعلات الكيميائية تكون ذات صفات تختلف تماماً عن صفات مكوناتها الأصلية ، أصبحت العمليات الكيميائية التطبيقية مثل العملية الفوتوغرافية أمراً ممكناً . وبمرور الوقت أصبحت الألواح الحافّة حقيقة تجارية ، وتم تعريف الذرات والعناصر والجزيئات . ولكن الغموض ظل يحيط بكيفية ارتباط الذرات مع بعضهما في الجزيء ؛ وبسبب تفاعل عناصر معينة مع بعضها البعض وبكيفية ترتيب الذرات في الجزيء . ولم يتم تفسير هذه المسائل إلا بعد سنة ١٨٩٧ . ومن الواضح أنه كان من المستحيل تقديم تفسير عن كيفية سير العملية الفوتوغرافية ومسبباتها من قبل أن يتم توضيح القواعد الأساسية لعلم الكيمياء . وما إن تحقق هذا حتى تقدمت الاختبارات العملية للمواد الكيميائية المختلفة المستعملة في تصنيع العجائن وتشغيلها ، وتمت طفرات كثيرة في الممارسة الفوتوغرافية بالمحاولة والخطأ .

التصوير الفوتوغرافي بالألوان :

بعد اختراع سكوت آرشر لعملية اللوح الفوتوغرافي المبتل بزمّن قصير : قام كلارك ماكسويل Clerk Maxwell بشرح الطريقة التي حصل بها على أول صورة فوتوغرافية بالألوان أمام المعهد الملكي بإنجلترا في يوم ١٧ مايو ١٨٦١ . وبالرغم من أنه لم يكن قد حصل على صورة جيدة ، إلا أنه قد وصف طريقة للحصول على الصور الملونة . فقد قام بتصوير منظر واحد على ثلاثة ألواح فوتوغرافية خلال ثلاثة مرشحات سائلة . (المرشحات — انظر الباب الرابع) . وبعد تشغيل (أي تحميض) الألواح الثلاثة قام بطبعها للحصول على الصور الإيجابية (أي البوزيتيف) . ثم عرض الصور الموجية الثلاثة ، كل بآلة عرض منفردة ؛ ورتبت بحيث تتطابق الصور الثلاث على شاشة العرض : بعد أن وضع أمام كل آلة من آلات العرض الثلاث نفس المرشح السائل الذي استخدمه عند التصوير .

وفي حوالي عام ١٨٥٩ اهتم الفرنسي لويس دوكس دي هورون Louis Ducos du Hauron بذلك المجال من مجالات التصوير الفوتوغرافي ، ووصف طريقته الأولى للحصول على الصور الملونة في عام ١٨٦٩ . وقد أجمل القواعد الأساسية لكل العمليات الملونة التي قد تم اختراعها حتى ذلك الحين . وفي نفس الوقت قام شارلس كروس Charles Cross ؛ معتمداً على نفسه ، بوصف طرق

عديدة للحصول على الصور الملونة. ولكن؛ بالرغم من أنه قد تم بدقة تحديد قواعد عدة طرق للحصول على الصور الملونة في ذلك الوقت المبكر؛ فانهم لم يستطيعوا إقامة طريقة تجارية للتصوير الملون؛ لعدم ملائمة المواد الفوتوغرافية التي كانت متاحة لهم حينئذ. وتأخر ذلك حتى اكتمل تطور العملية الفوتوغرافية. وقد ساهم بدور عظيم في مساعدة هذا التطور كل من اختراع مستحلبات هاليدات الفضة في الجلاتين المفروشة على الألواح الجافة، وكذلك اكتشاف المواد الكيميائية المستخدمة في إكساب الحساسية للمستحلبات (الباب الرابع) .

الباب الثالث

المستحلب الفوتوغرافي

المستحلب الفوتوغرافي هو المادة الحساسة للضوء المفروشة فوق الزجاج أو الورق أو الدعامة الفيلمية . وهي تتكون أساساً من مركبات الفضة الحساسة للضوء والمنتشرة في الحيلاتين انتشاراً سوياً .

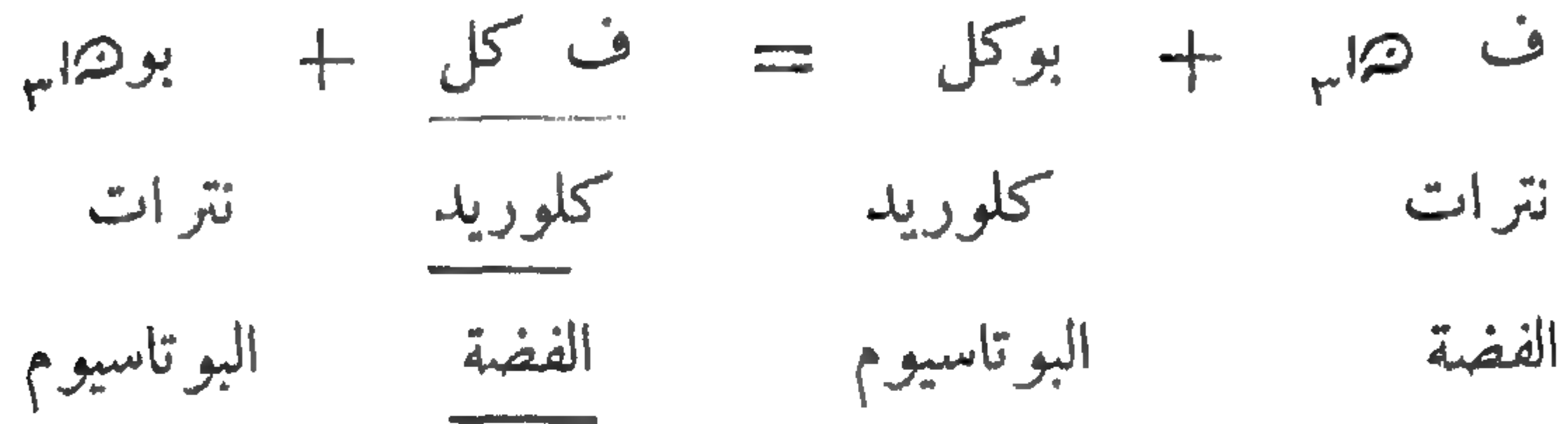
جاء في التاريخ المبكر للعملية الفوتوغرافية أن مركبات الفضة وبصفة خاصة كلوريد الفضة وبروميد الفضة وأيوديد الفضة ذوى حساسية للضوء . وتتكون هذه المركبات بطريقة معينة في أثناء تصنيع المستحلبات الفوتوغرافية . إذ يتم تحضيرها بالسماح لمواد كيميائية معينة بالتفاعل مع بعضها تحت ظروف خاصة . ويسهل علينا توضيح كيفية تكونها باستعمال اللغة الكيميائية .

هناك ٩٦ عنصراً كيميائياً معروفة ومألوفة لنا . وقد عمد الكيميائيون إلى ابتكار مجموعة من الاختصارات بحيث يمكن تمثيل كل عنصر برمز كيميائي مقتضب يميزه . فمثلاً رمز الفضة هو « ف - Ag » ، من الكلمة اللاتينية Argentum . ورمز الكلور هو « كل - Cl » . ورمز الصوديوم هو « ص - Na » : من الكلمة اللاتينية Natrium ، وهكذا . وعندما يتحد اثنان أو أكثر من هذه العناصر في تفاعل كيميائي ينتج مركب جديد . ويمكن وصف هذا التفاعل بمعادلة كيميائية كما يلي :



ويطلق الكيميائيون على هذا النوع من التفاعل الكيميائي اسم «الاتحاد» وعلى النوع المضاد له اسم التفكك (أو التحلل). وتعني هذه المعادلة أيضاً أن كمية معينة من الصوديوم تتفاعل مع كمية معينة من الكلور بنسبة ذرة واحدة من الصوديوم إلى ذرة واحدة من الكلور.

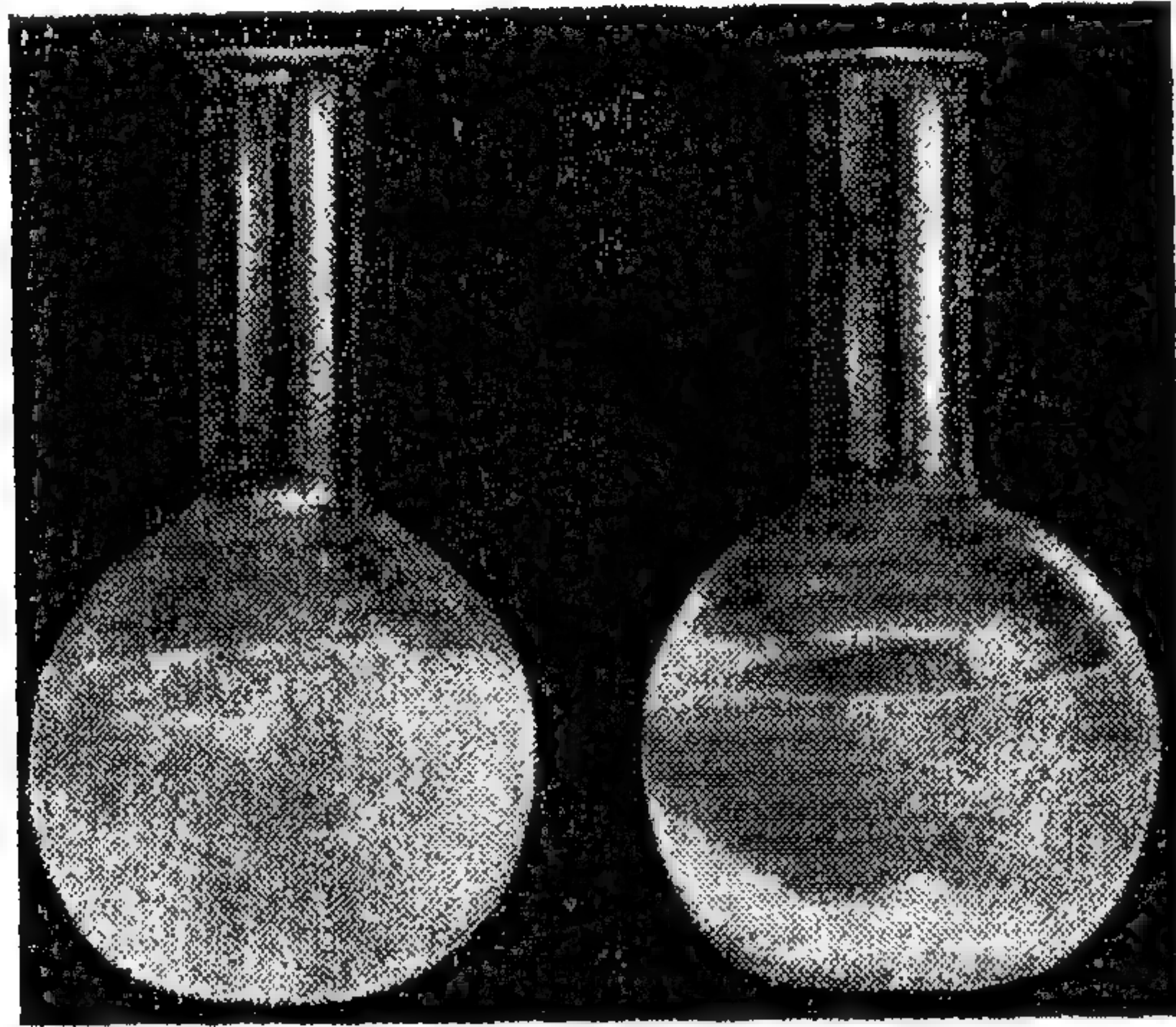
ويمكن استخدام معادلات شبيهة لوصف تفاعلات أكثر تعقيداً بين اثنين أو أكثر من المركبات. وتسمى هذه التفاعلات بتفاعلات التحلل المزدوج (أو التبادل المزدوج) فمثلاً عند إذابة نترات الفضة وكلوريد البوتاسيوم، كل في كمية من الماء على حدة، ثم خلط المحلولين معاً فإن المعادلة التالية تروى لنا ما يحدث بالاختصار الكيميائي:



وحتى نصبح قادرين على فهم هذه المعادلة، فأننا نحتاج إلى التعرف على فكرة جديدة جاء وقتها عند هذا الحد من الحديث. إذ ترتبط بعض العناصر المعينة مع بعضها بأربطة قوية جداً في تجمعات خاصة تسمى بالشقوق Radica's. وفي كثير من التفاعلات الكيميائية يسلك الشق كوحدة؛ متبعاً في ذلك طريقة شبيهة بتلك التي تسلكها العناصر المنفردة. فمثلاً تحتوي نترات الفضة في المعادلة السابقة على المجموعة «هـ ام»؛ التي تتركب من ذرة واحدة من النيتروجين وثلاثة ذرات من الأكسجين، وتسمى هذه المجموعة شق النترات. ويسلك هذا الشق في تفاعلات كثيرة كما لو كان وحدة فيصبح بذلك أكثر شبيهاً بعنصر منفصل مثل الفضة أو الكلور أو البوتاسيوم. ولقد وضعنا خطأً تحت كلوريد الفضة في المعادلة السابقة للإشارة إلى أنه يترسب لعدم قابليته للذوبان في الماء بالمقارنة بنترات البوتاسيوم. وهذا هو التفاعل الرئيسي في تصنيع المستحلب الفوتوغرافي. وإذا استعملنا بروميد البوتاسيوم (بو بر KBr) أو أيوديد البوتاسيوم (بوى KI) في هذا التفاعل، فسوف تتكون على الترتيب

بروميد الفضة (ف بر - Ag Br) . وأيوديد الفضة (ف ي - AgI) .
وتعرف هذه المركبات الثلاثة - أى كلوريد الفضة ، بروميد الفضة . وأيوديد
الفضة - باسم هاليدات الفضة ؛ وهى تشكل الجزء الحساس للضوء فى المستحلبات
الفوتوغرافية .

وعندما نخلط المحاليل المائية لنترات الفضة وكلوريد البوتاسيوم يتكون كلوريد
الفضة بسرعة كبيرة جداً . ويستقر عند القاع ؛ ، وهو مادة متكتلة على شكل
بلورات كبيرة الحجم لا يمكن نشرها فى طبقة سوية على دعامة . ولا يتمتع كلوريد
الفضة المتكون بهذه الكيفية بحساسية شديدة للضوء . ولكن حساسيته للضوء تزداد
إذا استطعنا إبطاء التفاعل ، بحيث تنتج بلورات كلوريد الفضة أصغر حجماً ، أو أكثر
تجانساً فى مظهرها . وهذا هو ما يتم فعلاً باستخدام الجيلاتين فى المحاليل المائية .
وبالإضافة إلى ما توفره هذه الطريقة من تحكم فى حجم بلورات الهاليد ، فإنها
تؤدى أيضاً إلى انتشار البلورات بكيفية متناسقة سوية فى محلول الجيلاتين .



شكل رقم (٧)

يظل كلوريد الفضة المتكون فى القارورة التى على اليمين معلقاً بسبب وجود الجيلاتين
فى المحلول . أما فى الماء القراح الذى لا يحتوى على الجيلاتين فإن كلوريد الفضة
يستقر فى القاع ، كما فى القارورة التى على اليسار

وبفضل معرفة ذلك المعلق المتجانس السوى من هاليدات الفضة فى الجيلاتين والمسمى بالمستحلب الفوتوغرافى ، أصبح من الممكن الحصول على دعائم مناسبة (من الزجاج أو الورق أو الأفلام) مغطاة بالمستحلبات فى طبقات سوية (متجانسة) الكثافة ، ذات حساسية متجانسة للضوء . وكذلك يؤدى ترسيب أملاح الفضة هذه ، بين ثنايا الجيلاتين الى جعلها أكثر حساسية للضوء . وقد دلت تجارب أخرى على إمكان زيادة هذه الحساسية إلى أبعد من ذلك ، بإضافة مركبات كيميائية أخرى (تعرف باسم مكسبات الحساسية) إلى مخلوط أملاح الفضة والجيلاتين .

الجيلاتين :

نظراً لما للجيلاتين من أهمية كبيرة فى تصنيع المستحلبات الفوتوغرافية ، ولتأثيره الكبير جداً على تشغيل المستحلبات فيما بعد ، رأينا أن نناقش صفاته المميزة .

تدخل الستة والتسعون عنصراً المذكورة سابقاً فى مئات الألوف من المجموعات مكونة مركبات مختلفة عديدة . وتنقسم هذه المركبات عامة إلى نوعين اثنين هما المركبات غير العضوية والمركبات العضوية . ويتواجد كلا النوعين فى الطبيعة . والكثير منها يتم عمله أو تخليقه فى المعامل الكيميائية . ولقد أطلق الاصطلاح « عضوى » أساساً على المركبات التى تتكون فى أعضاء النباتات والحيوانات . وهى تتميز أيضاً بأنها هى المركبات القابلة للاحتراق . وهى تشمل على سبيل المثال على السكر والنشا والكحول . وتركب أساساً من عناصر الكربون (ك - C) والهيدروجين (يد - H) والأكسجين غالباً (ا - O) ، وتحتوى أحياناً على النيتروجين (ج - N) ، والكبريت (كب - S) ، أو عناصر أخرى فى مجاميع متنوعة . وفى الناحية الأخرى نجد أن المركبات غير العضوية بصفة عامة غير قابلة للاحتراق . وهى تتركب من عناصر أخرى غير الكربون مثل النحاس والفضة والذهب والحديد والصوديوم والكبريت والكلورور والبروم وهكذا . وسوف نناقشها فيما بعد فى الباب الخامس .

والجيلاتين مادة عضوية معقدة جداً تستخرج من جلود الحيوانات وأظلافها . وهو يتركب من الكربون والأيدروجين والأكسجين والنيتروجين والكبريت فى ترتيب نوعى خاص .

ولكن جزىء الجيلاتين من التعقيد بحيث لم يمكن بعد التعرف على النسب الحقيقية للعناصر الداخلة فى تركيبه . وتتوقف خواص الجيلاتين على مصدره وعلى التاريخ السابق لذلك المصدر . ويصدق هذا بالذات على خواصه الفوتوغرافية .

ويتم تحضير الجيلاتين المستخدم فى الأغراض الفوتوغرافية بعناية فائقة . وهو فى الحقيقة أكثر نقاء من الجيلاتين المستخدم فى الطهى المعروف لنا جيداً .

ويستخرج الجيلاتين عامة من الفضلات التى تتواجد فى السلخانات ، مثل الأظلاف والحلود . ويتم الحصول على الجيلاتين الفوتوغرافى من أظلاف وآذان الأبقار التى يتم اختيارها بدقة كبيرة . إذ يعتبر نوع الطعام الذى كانت تتغذى عليه هذه الأبقار فى حياتها عاملاً هاماً ، يجب إدخاله فى الاعتبار . فهناك بذور حشائش معينة - مثل بذور المستردة المنتشرة فى بعض المناطق - تستطيع أن تغير من الصفات الكيميائية المميزة للجيلاتين الذى يتم الحصول عليه من ظلف البقرة التى تغذت عليها . ويكون هذا التغير بالدرجة التى تكفى لأن تؤثر على المستحلبات الفوتوغرافية المصنوعة منه . وتعالج الأظلاف والآذان التى يتم اختيارها فى الماء المغلى لإزالة أية قاذورات من عليها . ثم تنقع لفترة زمنية طويلة قد تصل إلى عدة شهور فى محلول الجير (وتسمى هذه العملية بعملية التجير) لإزالة الشعر والدهون والزلال . وبعد ذلك تغسل ، ثم تعالج فى النهاية بحامض مخفف لمعادلة الجير * (وتسمى هذه بعملية إزالة التجير De-Liming) . والمادة الناتجة تسمى الكولاجن Collagen وهى المصدر المباشر للجيلاتين .

وبعد ذلك يعالج الكولاجين لتحويله إلى الجيلاتين تدريجياً . ويتم هذه المعالجة ببطء وعلى فترة زمنية طويلة بعض الشيء ، وتحت ظروف نوعية خاضعة للتحكم

(*) الجير مادة قلوية وله ملمس انزلاقى مثل الصابون ، فى حين أن حامض الخليك مادة حامضية تعطى للخل مذاقه اللاذع (المزز) . والحامض يقتل القلوى والعكس صحيح .

وعند ما يتم القضاء على الجير الموجود كلية ، يقال عنه أنه قد تمت معادلته .
(المؤلف)

والمراقبة : فاذا كانت المعالجة سريعة وقوية جداً فان الجيلاتين الناتج سوف يكون من نوع ردىء لا يلائم الأغراض الفوتوغرافية .

ولقد ذكرنا من قبل أن للجيلاتين أهمية فائقة في تصنيع المستحلبات الفوتوغرافية لأنه يسمح بحدوث تفاعل كيميائى أبطأ بين المحاليل المستخدمة في صنع المستحلبات الحساسة للضوء ، وينتج معلقاً متجانساً من بلورات هاليد الفضة الصغيرة جداً . وتسمى المركبات التى تكون محاليل لزجة- كما يفعل الجيلاتين- بالغرويات Collids ومن أمثلتها المواد الهلامية القوام (الجلى) ، أو المواد الصلبة غير المتبلورة (مثل الزجاج) . ومن الغرويات الأخرى المعروفة جيداً اللزاق (الغراء) ، والزلال والكولوديون . ولقد ثبت أن الجيلاتين هو أكثر المواد الغروية كفاءة بالنسبة للمستحلبات الفوتوغرافية ، وذلك لمتعته بمجموعة نادرة من الصفات الكيميائية والطبيعية . وفيما يلى أهم هذه الصفات :

- ١- الجيلاتين مادة غروية تستطيع الاحتفاظ بجزئيات هاليد الفضة منتشرة فيها بطريقة سوية . وتلك صفة هامة بالنسبة للفيلم الفوتوغرافى أو الورق بعد انتهائه .
- ٢- الجيلاتين الحاف مادة تستطيع أن تبقى ثابتة بدون تحلل لفترات زمنية طويلة ، وكنتيجة لهذا فانها تسمح بالحصول على منتجات قادرة على البقاء بالقدر المعقول قبل التشغيل أو بعده .
- ٣- ليس للجيلاتين تأثير كيميائى على هاليدات الفضة فى المستحلب بعد فرشته على الدعائم (إذ إن تأثيره عليها قاصر على مرحلة التصنيع فقط)
- ٤- الجيلاتين مادة منفذة بالقدر الذى يسمح لمحاليل التشغيل المختلفة بتخلل بناء المستحلب الفوتوغرافى بدون أن تهدم تماسكه أو دوامه .
- ٥- يمكن تداول الجيلاتين بسهولة وبطريقة خصبة تمكن من إعادة الحصول عليه .

لقد قررنا أن الجيلاتين مادة عضوية معقدة جداً تحتوى على الكربون والأيدروجين والنيتروجين والكبريت . وعند تحليل الجيلاتين فى المعمل الكيميائى تحت ظروف خاصة معينة فانه سوف ينقسم إلى وحدات أصغر يمكن تعريفها بدقة

وهي الأحماض الأمينية Amino Acids المعروفة جيداً . وتحتوى الأحماض الأمينية على عناصرها مرتبة في مجموعتين متميزتين في كل جزئ من جزيئاتها . وكمثال على ذلك نأخذ الجلوسرين — وهو أبسط الأحماض الأمينية — ويمكن كتابته بالرموز الكيميائية كما يلي :



و تتواجد المجموعتان المشار إليهما بالرقمين (١) ، (٢) في جميع الأحماض الأمينية . وبذلك فهي تتواجد بصورة متكررة في جزئ الجيلاتين المعقد . وتعرف المجموعة (ج بدم) (NH_2) باسم المجموعة الأمينية Amino Group . أما مجموعة (ك ١١ يد) (COOH) فتعرف باسم مجموعة الكربوكسيل Carboxyl Group . وسوف نولى هذه المجموعات اهتماماً خاصاً فيما بعد .

تصنيع المستحلبات :

من الجدير بالأهمية أن نلم بقدر من المعلومات عن الخطوات المتبعة في تصنيع المستحلبات الفوتوغرافية . وتعتبر المعادلة التالية عن التفاعل الكيميائي الأساسي في هذه العملية .



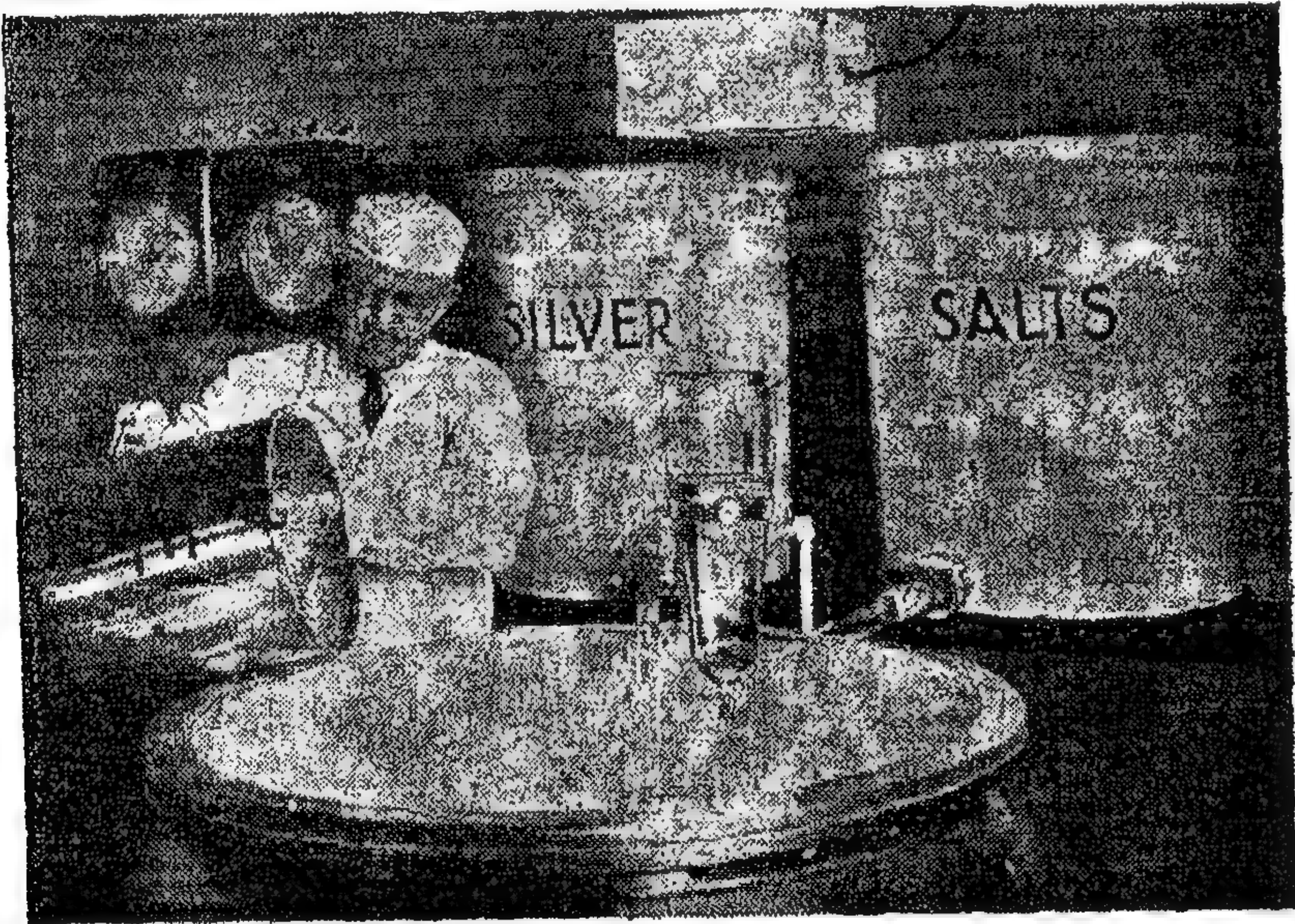
وعند عمل مستحلب بسيط يضاف محلول من نترات الفضة قوته ١٠٪ / ببطء مع التقليب الشديد ، إلى محلول ثانٍ يحتوى على الجيلاتين وكلوريد البوتاسيوم . فتتكون تدريجياً بلورات دقيقة الحجم للغاية من كلوريد الفضة .

وتجرى هذه العملية عادة في ضوء أحمر معتم . وبعد ذلك يسمح للمستحلب — أى معلق هاليد الفضة في الجيلاتين — بالمرور بمرحلة اطراد النمو Ripening لمساعدته على اكتساب حساسية أكبر للضوء . ويتم ذلك بتسخين المستحلب الفوتوغرافي إلى درجة معينة — حوالى ٩٠ درجة فهرنهايت عادة — مع المحافظة عليه عند هذه الدرجة لعدة ساعات أحياناً . ويؤدى ذلك إلى حدوث بعض التغير في حجم بلورات هاليد الفضة بالرغم من أن البلورات التى تتكون أولاً تكون دقيقة جداً . ففي أثناء عملية اضطراد النمو تذوب البلورات الصغيرة

فى المحلول ، ثم ترسب ثانية على بعض البلورات الكبيرة مكسبة إياها زيادة فى الحجم ، مما يؤدى إلى الحصول على بلورات أكبر حجماً . ومن المحتمل أن يصبح حجم البلورات أكثر تماثلاً واتساقاً .

ولكن الأهم من ذلك هو حقيقة أن حساسية البلورات للضوء تزداد بدرجة عظيمة لأن التفاعل بأكمله قد تم فى وجود الجيلاتين . وعادة يضاف مزيد من الجيلاتين «بالكاد» قبل وصول عملية اطراد النمو إلى نهايتها . ويمكن أن يكون لطبيعة هذا الجيلاتين تأثير محدود جداً على الحساسية النهائية لهاليدات الفضة . وبعد انتهاء عملية اطراد النمو يبرد المحلول بأكمله حتى يتحول إلى مادة جامدة هلامية القوام (جل) .

وبعد ذلك ينسل المستحلب الهلامى « جل » إلى شرائط رفيعة على شكل عيدان المكرونة الأسباجتى ومن الممكن أن تغسل هذه العيدان لتخليص المستحلب من المواد الكيميائية غير المرغوب فيها، مثل أى قدر فائض من أملاح البوتاسيوم .



الشكل رقم (٨)

تعتبر عملية مزج محاليل الجيلاتين ونترات الفضة مع أحد الهاليدات القابلة للذوبان ، من الخطوات الأولى فى عملية تصنيع المستحلبات الفوتوغرافية .

ويمكن تخزين المستحلب الهلامي القوام « جل » في الظلام عند درجة حرارة منخفضة لحفظه ، حتى تنشأ الحاجة إليه لاستخدامه في صنع الأفلام .

وبعد ذلك تصهر هذه العيدين ثانية مع المحافظة عليها عند درجة حرارة عالية لبعض الوقت مما يؤدي إلى حدوث كسب سريع في السرعة الفوتوغرافية والتباين . وهذه هي عملية اطراد النمو الثانية ، أو عملية الهضم الثانية . ويتم التحكم في التغير الذي يحدث عند هذه المرحلة بإضافة نوع خاص من الجيلاتين عند نهاية عملية الهضم أو عملية اطراد النمو الأولى . وبعد أن يطرد نمو البلورات بالقدر الكافي ، تضاف إلى المستحلب مواد أخرى تحتوى على العوامل المكسبة للصلابة ، ومكسبات الحساسية الخ .

والعوامل المكسبة للصلابة عبارة عن مركبات كيميائية تضاف إلى المستحلب لجعل الجيلاتين متماسكاً وأكثر قدرة على مقاومة الإنتفاخ والتلين في مراحل تداوله التالية ، وفي أثناء عمليات التشغيل فيما بعد . أما مكسبات الحساسية فهي مواد كيميائية عضوية خاصة تضاف إلى المستحلب لزيادة حساسية هاليدات الفضة لألوان معينة من الضوء . وكيمياء هذه المركبات على درجة من التعقيد الشديد لا تسمح بمناقشتها في هذا الكتاب ، ولكننا سنصف تأثيرها على المستحلب الفوتوغرافي فيما بعد .

الأنواع العامة للمستحلبات :

تبين المعادلة التي تمثل عملية تكون هاليدات الفضة الحساسة للضوء ، أن عدد ذرات العنصر الواحد الموجودة عند أحد طرفي المعادلة تساوى عدد ذرات نفس العنصر عند الطرف الآخر من المعادلة :



وعند استعمال الكميات المتكافئة بالضبط من قترات الفضة وكلوريد البوتاسيوم اللازمة لإتمام التفاعل طبقاً للمعادلة السابقة لن يكون المستحلب الناتج صالحاً تماماً للأغراض العملية . فمن الضروري في أثناء التصنيع أن تستعمل كمية فائضة من واحد أو آخر من المواد الكيميائية .

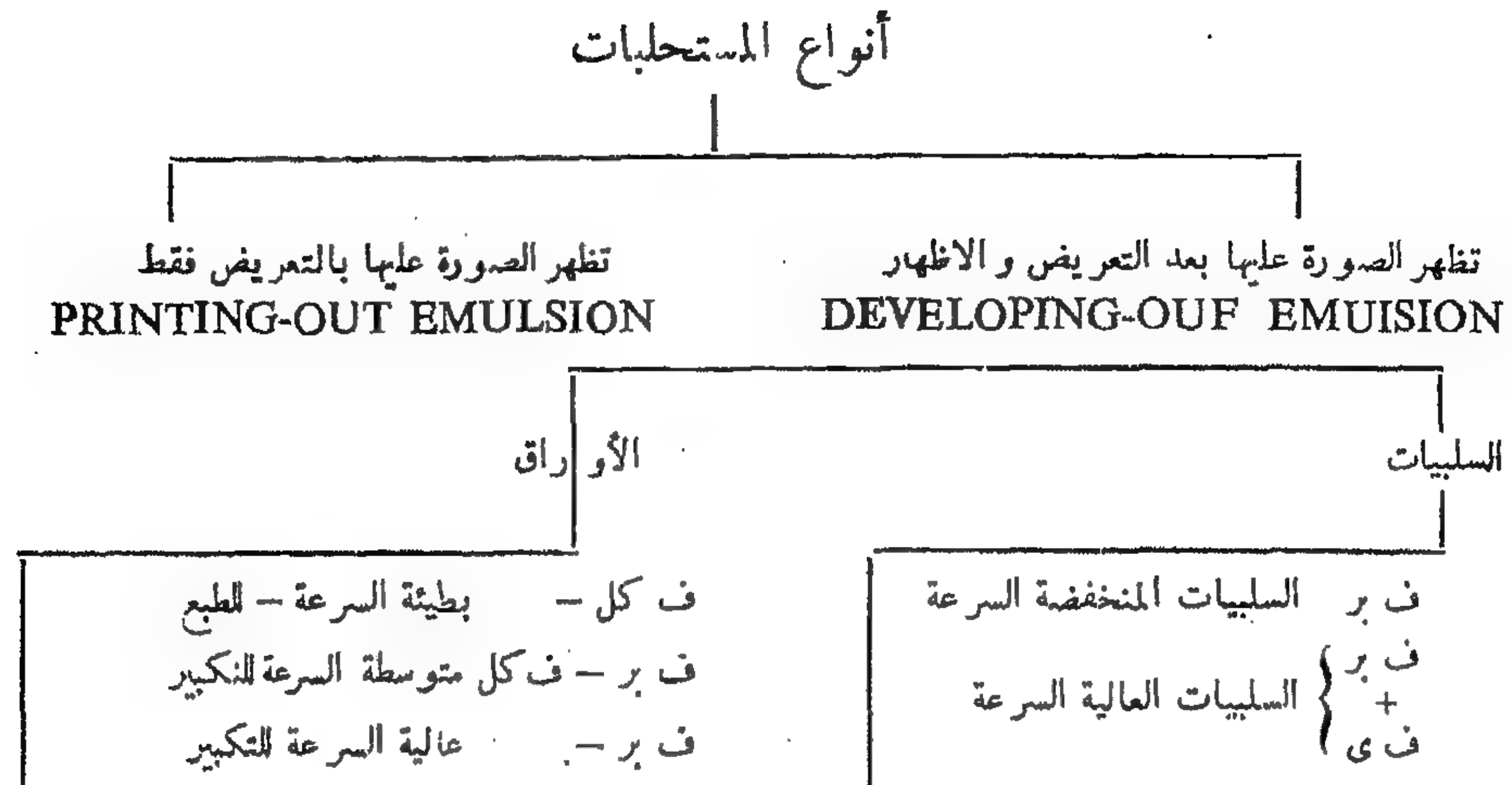
ويختلف المستحلب الناتج في كل مرة عن الآخر تماماً . ويتوقف مقدار هذا الاختلاف على المادة الكيميائية التي استخدمت بكمية زائدة ، أى التي تمت الإضافة منها .

فاذا كانت كمية نترات الفضة التي استعملت أكبر من تلك اللازمة للتفاعل مع الكمية الموجودة من بروميد البوتاسيوم ، فإن المستحلب الناتج هو ذلك الذى لا يحتاج إلى معالجة فى المحلول المظهر للحصول على الصور عليه ، ويسمى Printing-out Emulsion . ويتم تعريض هذا النوع من المستحلبات عادة إلى مصدر ضوئى ذى قوة إضاءة عالية ، ولفترة زمنية تكفى لطبع الصور وظهورها عليه . وليست هناك حاجة إلى عمليات التشغيل عند استخدام هذا النوع من المستحلبات . ومن نماذج هذا النوع تلك التجارب (البروفات) التى يجريها المصورون المحترفون للصورة الشخصية ، فيطبعونها على شرائح من الورق المغطى بهذا المستحلب ، ليحصلوا على صورة مكسوة بلون أحمر غامق ولا تبقى كثيراً ، إذ سرعان ما تنطمس .

أما إذا كانت كمية كلوريد البوتاسيوم المستخدمة أكبر من تلك اللازمة للتفاعل مع كل نترات الفضة ، فإننا نحصل على المستحلب الذى يحتاج إلى الإظهار بعد التعريض للحصول على الصور عليه ، ويسمى Developing out Emulsion ، وهو النوع العادى من المستحلبات التى يتم تعريضها فى آلات التصوير والتكبير والطبع . وهو يحتاج إلى تعريض قصير نسبياً تتبعه عملية إظهار كيميائى .

ويستخدم النوع الثانى من المستحلبات فى إعداد كل من الأفلام والمواد الفوتوغرافية السلبية (النيجاتيف) والإيجابية (البوزيتيف) . وبصفة عامة تغسل المستحلبات السلبية وهى ما زالت على شكل عيدان المكرونة لإزالة المواد الكيميائية الفائضة . فى حين لا تغسل المستحلبات الموجبة عند هذه المرحلة غالباً .

ومن البديهي أن هناك فوارق ملحوظة بين الأنواع المختلفة من المستحلبات التى تحتاج إلى معالجتها فى محلول الإظهار بعد التعريض حتى تنتج الصور عليها . وتتوقف هذه الفوارق على نوع هاليد الفضة ، أو هاليدات الفضة المستخدمة بالذات . ويمكن تقسيم المواد الفوتوغرافية بصفة عامة بناء على حساسيتها (أو استجابتها) النسبية للضوء إلى الأنواع الآتية :



شكل رقم (٩)

تقسيم عام للمواد الفوتوغرافية بناء على استجابتها للضوء

وتزداد حساسية الهاليدات للضوء تبعاً للترتيب التالى :

الكلوريد ، فالبروميد ثم الأيوديد ، لدرجة أن مستحلب بروميد الفضة (أى المستحلب المصنوع من بروميد الفضة) يكون أكثر استجابة للضوء من المستحلب المصنوع من كلوريد الفضة . وبالتالي فإن أغلب المستحلبات السالبة تصنع من بروميد الفضة بمفرده أو مع نسبة مئوية ضئيلة من أيوديد الفضة . ويتكون المستحلب المستخدم فى صنع أوراق الطبع (أو الأفلام الموجبة) إما من كلوريد الفضة ، أو من بروميد الفضة ، أو من مخلوط منهما معاً .

الدعامات التى تفرش عليها المستحلبات الفوتوغرافية :

يعتبر الزجاج والدعامة الفيلمية (قاع الفيلم) والورق أكثر أنواع الدعامات شيوعاً فى الاستعمال . وتعد بعض المنتجات الخاصة بفرش المستحلبات على قماش الرسم (أى قماش شف الرسوم) ، أو المعادن أو الخشب المضغوط الخ . ولكنه نظراً لأن هذه المنتجات تستخدم فى بعض نواحي التطبيق الفوتوغرافى الشديدة التخصص ، فإننا لن نناقشها فى هذا الكتاب .

الزجاج المستخدم كدعامة للألواح الفوتوغرافية :

لقد تم استعمال الزجاج كدعامة لمستحلبات هاليدات الفضة الحساسة للضوء للمرة الأولى فى عملية صناعة الألواح المبثلة التى ابتكرها سكوت أرشر فى ١٨٥١ ؛

واستعمل أيضاً كدعامة لمستحلبات الجيلاتين البدائية التي ابتكرها الدكتور مادوكس سنة ١٨٧٠ .

ويستعمل زجاج النوافذ المنتقى بعناية في الإنتاج المنتظم للألواح الفوتوغرافية . ويتم اختياره بناء على مدى تسطحه Flatness أو خلوه من التصدع أو الخدوش التي قد تضعف من النفاذ السوي للضوء خلاله .

الدعامة الفيلمية (أو قاع الفيلم) :

بالرغم من أن الألواح الزجاجية ما زالت تستعمل حتى اليوم بكميات كبيرة في بعض التطبيقات الفوتوغرافية ، فإنها قد استبدلت في نواحي الاستعمال العام بالأوراق ، والدعائم الفيلمية المرنة . ويعتبر نشوء الدعامة المرنة وتطورها جزءاً هاماً من أجزاء نظام آلة التصوير البسيطة الشبيهة بالصندوق التي ابتكرها جورج إيستمان وطرحها في الأسواق . وفي أول آلة تصوير - أنتجتها شركة كوداك ونسبتها باسمها - وكانت على شكل الصندوق ، كانت لفة المادة الحساسة للضوء عبارة عن مستحلب فوتوغرافي مفروش على الورق . وفي عام ١٨٨٩ أتيحت للمرة الأولى دعامة فيلمية شفافة مغطاة بالمستحلب الفوتوغرافي .

وتصنع الدعامة الفيلمية من السليلوز المستخرج من لب الخشب وحطب القطن بعد معالجتهما بالمركبات الكيميائية المناسبة . وكانت أول دعامة فيلمية من هذا النوع تتركب أساساً من نترات السليلوز . ولكن هذه المادة لسوء الحظ سريعة الاشتعال للغاية . ويشكل استعمالها احتمالاً خطيراً للتعرض لمتاعب الحريق إذا لم تتخذ احتياطات خاصة في تداولها وتخزينها . وتم في سنة ١٩٢١ ابتكار نوع جديد من الدعائم الفيلمية أطلق عليه اسم دعائم الأمان لأنه لا يشكل مصدراً لأخطار الحريق أو الانفجار . وهو يستخدم في الوقت الحالى في تصنيع جميع مواد الأفلام الفوتوغرافية العملية .

الدعامة الورقية :

لقد تم التحقق منذ وقت مبكر خلال تطور التصوير الفوتوغرافي الحديث من أنه لا بد أن يتم تصنيع الدعائم الورقية المستخدمة في إعداد أوراق الطبع الفوتوغرافية ، بطريقة تجعل الورقة قادرة على البقاء أو الدوام ، مثل الصورة التي تتكون على سطحها .

ولقد ثبت منذ زمن طويل ، وكذلك في بعض التطبيقات في هذه الأيام ، أن الورق المصنوع من الخيش (أو الكهنة) هو الأكثر قدرة على البقاء . وعلى كل فلقد بدأ مصنعو المواد الفوتوغرافية في اتباع برنامج بحث طويل المدى لإنتاج نوع من الورق المصنوع من لب الخشب له مثل قدرة ذلك النوع المصنوع من الكهنة على البقاء ، إن لم تفقها . ولقد طورت شركة ايستمان كوداك بالتعاون مع منتجى لب الخشب تكتيكا (فنية صناعية) لعمل اللب ، يفى بالمواصفات الخاصة بالدعامات الورقية الدائمة للمواد الفوتوغرافية . ونستطيع أن نقرر عملياً أن جميع الأوراق الفوتوغرافية الخام التي يتم تصنيعها اليوم ، مستخرجة من لب الخشب .

شكل رقم (١٠)

فرش المستحلب على الدعامة الفيلمية . ويجب مراعاة المحافظة على أماكن العمل نظيفة للغاية بحيث لا يصل الغبار أو أى مادة غريبة إلى المستحلب .



شكل رقم (١١)

إحدى الحجرات المكيفة الهواء التي يتم فيها لف الفيلم على البكر بشركة ايستمان كوداك . وقد أخذت هذه الصورة في الظلام بواسطة الأشعة تحت الحمراء غير المرئية .



الباب الرابع

استجابة المستحلب الفوتوغرافي للضوء

يقوم إعداد الصورة على حقيقة أن مركبات الفضة حساسة للضوء .
ولكن ما هو الضوء ، وكيف يؤثر على المستحلب الفوتوغرافي ؟ .

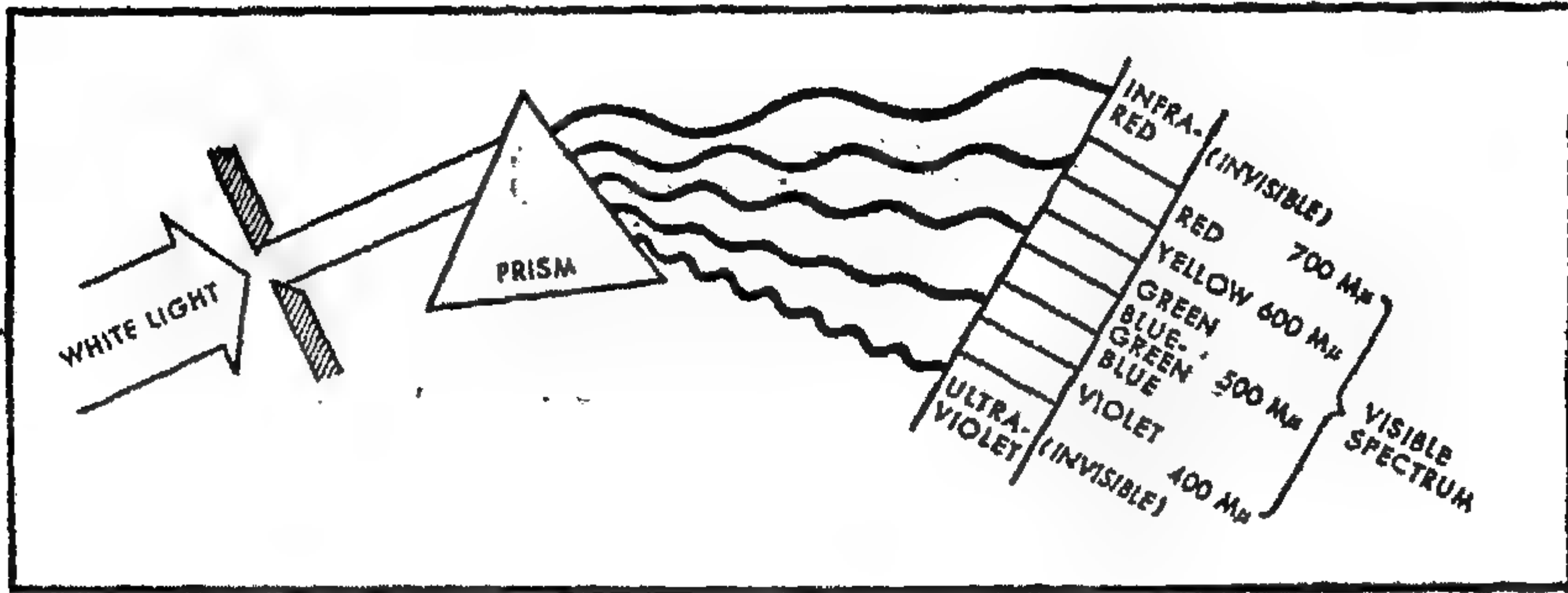
عندما تستقبل المواد الفوتوغرافية (الألواح أو الأفلام أو الورق) تعريضاً ضوئياً في آلات التصوير ، أو في آلات التكبير ، أو في آلات الطبع ، تتأثر هاليدات الفضة الموجودة في المستحلب الفوتوغرافي بالضوء المستخدم في التعريض مكونة صورة كامنة غير مرئية . ومن الضروري أن نتعرف على طبيعة الضوء نفسه باختصار ، حتى يصبح في إمكاننا أن نصف ما يحدث في أثناء تعريض هاليدات الفضة .

طبيعة الضوء :

تبين الدلائل المتاحة بين أيدينا أن الضوء يتألف من موجات تسير بسرعة قدرها مائة وستة وثمانون ألف ميل في الثانية الواحدة . ويمكن توضيح أحد أشكال انتقال الطاقة في حركة موجبة بالمثال البسيط التالي : إذا ربطنا أحد طرفي حبل طويل في عمود ثم قمنا بتحريك طرف الحبل الآخر الممسوك في يدينا إلى أعلى وإلى أسفل ، فأننا نلاحظ سريان حركة موجية عبر الحبل . وتسمى المسافة بين قمة موجبة ، وقمة الموجة التي تليها بطول الموجة .

والواقع أن الضوء الأبيض يتركب من خليط من موجات مختلفة الأطوال . وعندما يمر الضوء من الهواء إلى الزجاج ، فإن الأشعة الضوئية تنثني أي تنكسر . وقد وجد أن كمية الانثناء تتوقف على طول موجة الضوء . وعندما تمر حزمة ضوئية

خلال منشور زجاجي ، يشكل الضوء الخارج من المنشور بعد انكساره باقة من الألوان تعرف باسم الحزمة الطيفية Spectrum .



شكل رقم (١٢)

أطوال الموجات النسبية للأشعة الضوئية الزرقاء والخضراء والحمراء

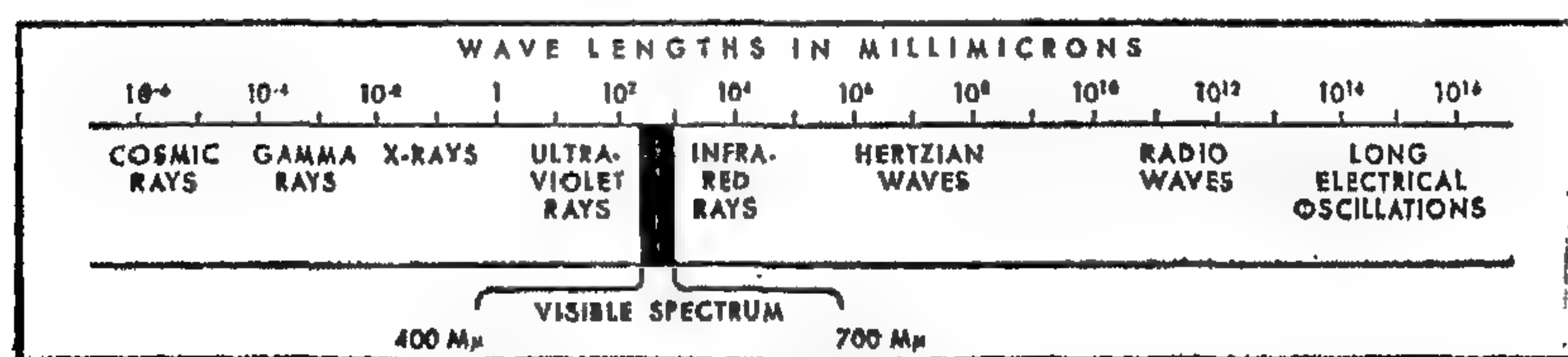
وتتنوع الألوان من الأزرق إلى الأزرق المخضر إلى الأخضر إلى الأصفر إلى البرتقالي ثم الأحمر . وتبرهن تجربة المنشور على أن الضوء الأبيض ما هو إلا مخلوط من أضواء ذات ألوان مختلفة لكل منها طول موجته المميزة له ، وذلك لأن كمية انثناء الأشعة تختلف في كل حالة . ومن ثم فإن اللون الناتج عن الانكسار يعتمد على طول موجة الضوء الذي سمح له بالانكسار . ويبين الشكل (١٢) أطوال الموجات النسبية للأشعة الضوئية الزرقاء والخضراء والحمراء .

ومن الممكن قياس أطوال موجات الضوء بدقة . وهي عادة تصاغ إما بوحدات المليميكرتون أو بوحدات الأنجستروم . والرمز المختصر المليميكرتون هو μ . والمليميكرتون الواحد يساوى جزءاً واحداً على المليون من المليمتر الواحد . في حين يساوى الأنجستروم الواحد عشر المليميكرتون ، أى يساوى واحداً على عشرة مليون من المليمتر . ويمكن تمثيل الحزمة الطيفية بلوحة تبين عليها أطوال موجات الألوان المختلفة للأشعة الضوئية مقدرة بالمليميكرتونات في أغلب الأحيان . وتسمى حزمة الألوان هذه ، بالحزمة الطيفية المرئية حيث إن العين البشرية تستطيع رؤية هذه الألوان .

وليست الحزمة الطيفية المرئية التي تشتمل على أطوال الموجات ذات المدى المنحصر فيما بين ٤٠٠ إلى ٧٠٠ مليميكرتون تقريباً إلا جزءاً بسيطاً من حزمة أطول منها

بكثير تسمى بالحزمة الأليكترومغناطيسية ، شكل رقم (١٣) . ول بعض الإشعاعات ، مثل الأشعة فوق البنفسجية وأشعة إكس وأشعة الجاما ، أطوال موجات أقصر من ربعمئة ملليمكرون . في حين أن الأشعة تحت الحمراء وأشعة الراديو لها أطوال موجات أكبر من سبعمئة ملليمكرون . وبالرغم من أن هذه الإشعاعات غير مرئية ، فإن المستحلبات الفوتوغرافية تستجيب لبعض منها . إذ إن جميع المستحلبات الفوتوغرافية حساسة للأشعة فوق البنفسجية وأشعة إكس وأشعة جاما . وهناك مستحلبات خاصة معينة تستجيب لأقصر مدى من أطوال موجات الأشعة فوق البنفسجية .

ومن الملائم للكثير من التطبيقات المتعلقة بالضوء ، وفي التصوير الفوتوغرافي بالذات ، أن نجزئ الحزمة الطيفية المرئية Visible Spectrum إلى ثلاث مناطق هي منطقة الضوء الأزرق ومنطقة الضوء الأخضر ومنطقة الضوء الأحمر . ويمكن توضيح إمكانية فصل هذه المناطق الثلاث بسهولة ، بوضع قطع زجاجية بالألوان المناسبة أمام العدسة الموجودة في جهاز العرض . فعندما نضع قطعة الزجاج ذات اللون الأحمر ، سيكون الضوء الناتج على الشاشة البيضاء ذا لون أحمر . وذلك لأن الزجاج الأحمر ينفذ الضوء الأحمر ، ويمتص الضوء الأزرق والأخضر . وعلى نفس المنوال يبدو الجسم الأحمر بهذا اللون لأنه يمتص الأشعة الزرقاء والخضراء ، ولا ينفذ إلا الأشعة الحمراء فقط .



شكل رقم (١٣)

الحزمة الاليكترومغناطيسية

استقبال هاليدات الفضة

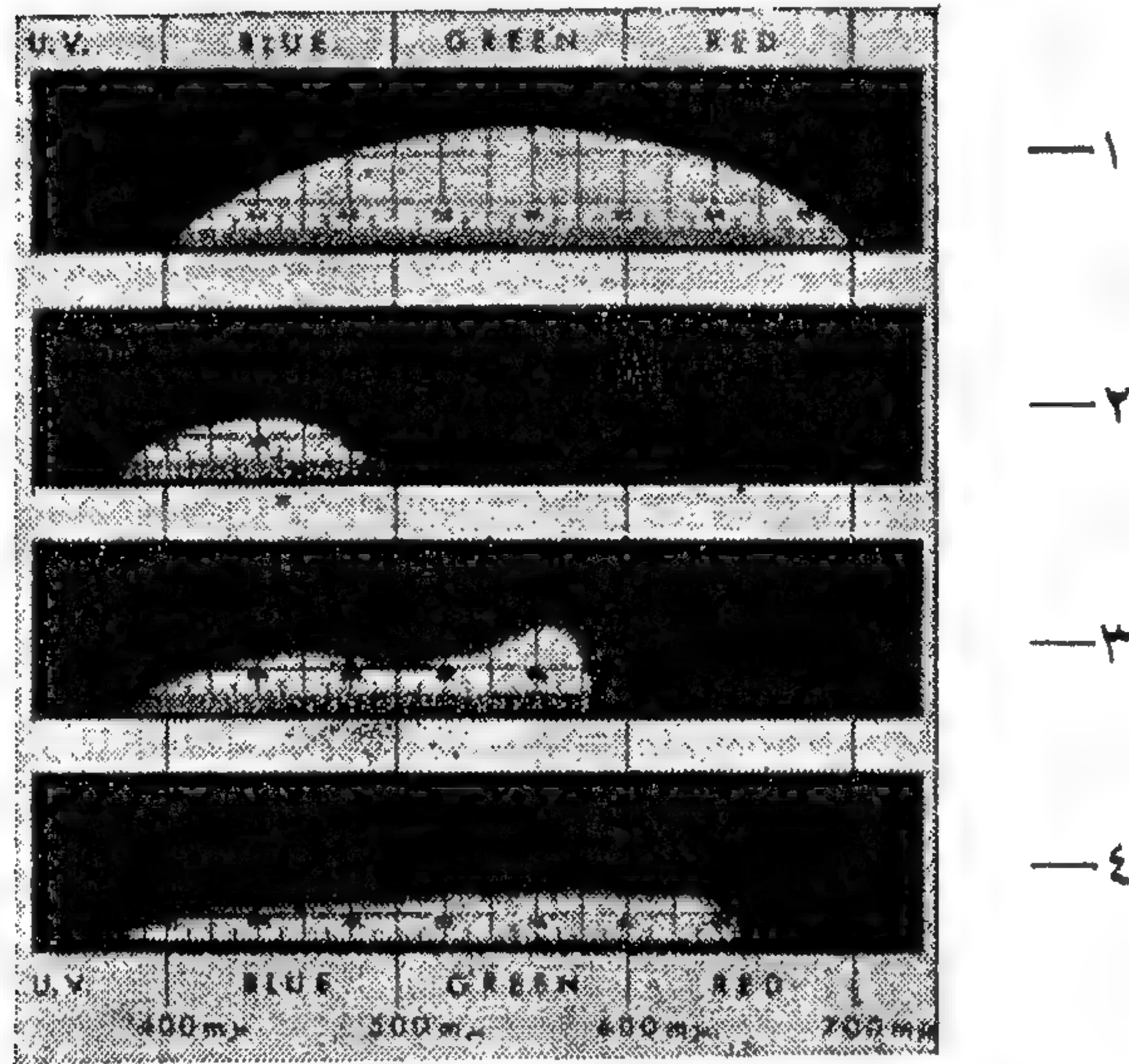
الموجودة في المستحلب الفوتوغرافي للضوء

إن هاليدات الفضة الموجودة في المستحلب الفوتوغرافي تسلك تجاه الضوء بطريقة تشبه بعض الأشياء تلك التي تسلك بها الأجسام الملونة تجاهه . ويعنى هذا أن لهاليدات الفضة — بصفة نوعية — مقدرة على امتصاص أطوال موجات معينة فقط من الضوء . وعند ما يحدث هذا فان الضوء الذى يتم امتصاصه يحدث تفاعلات كيميائية تؤدي إلى نشوء الصورة الكامنة ، التي تتحول بدورها إلى صورة مرئية بواسطة محلول الاظهار .

وامتصاص هاليدات الفضة للضوء مقصور على جزء فقط من الحزمة الطيفية المرئية . فكلوريد الفضة مثلاً، يمتص الإشعاعات التي تقع أطوال موجاتها في المنطقة المحصورة بين الأشعة الزرقاء، والأشعة التي يصل طول موجتها إلى ٥٠٠ مليمكرون بالحزمة الطيفية . بينما تمتد مناطق امتصاص بروميد الفضة وأيوديدها حتى حوالى ٥٢٥ ، ٥٥٠ مليمكرون على الترتيب . وإذا احتوت المستحلبات التجارية على هاليدات الفضة النقية فقط ، فان المواد الفوتوغرافية سوف لا تسجل إلا الضوء الأزرق المنعكس من الجسم المطلوب تصويره . وتوصف هذه المستحلبات بأنها حساسة للضوء الأزرق .

والحقيقة أن أغلب الموضوعات المصورة تعكس مجموعة متنوعة من الألوان . ومن المرغوب فيه تمثيل هذه الألوان كدرجات من اللون الرمادى — بالتألق المناسب — فى الصور الفوتوغرافية الأبيض والأسود . ولقد ثبت بالتجربة أنه لا بد من إضافة مركبات عضوية معينة إلى المستحلبات الفوتوغرافية فى أثناء التصنيع لإكسابها قدرة على الاستجابة للمزيد من أطوال موجات الضوء . وبعبارة أخرى لتوسيع مدى استجابة المستحلبات الفوتوغرافية فى المناطق الخضراء والحمراء من الحزمة الطيفية المرئية . ولقد أدت هذه التحسينات فى صناعة المستحلبات إلى ظهور فصيلتين عامتين من المواد الفوتوغرافية هما الأورثوكروماتيك والبانكروماتيك . وتسمى المواد الكيميائية العضوية المستخدمة باسم مكسبات الحساسية . وتسمى تلك الزيادة فى حساسية المستحلبات بالنسبة لأجزاء إضافية من الحزمة المرئية باكساب الحساسية البصرية Optical Sensitising .

وهناك مجاميع عديدة من مكسبات الحساسية تجعل المستحلبات حساسة لأطوال موجات الضوء الواقعة في المنطقة الخضراء من الحزمة الطيفية . وجميع المواد الفوتوغرافية العادية حساسة للضوء الأزرق بفضل احتوائها على هاليدات الفضة . وتحتّم متممضيات التصوير الفوتوغرافي بالألوان توافر مستحلبات حساسة لجميع أطوال موجات الحزمة المرئية ، حتى يمكن تسجيل جميع الألوان الموجودة في الموضوع خلال مرشحات زرقاء وخضراء وحمراء .



شكل رقم (١٤)

أجنحة مطياف تبين الحساسية اللونية لأنواع الأفلام الحساسة المختلفة بالنسبة لضوء التنجستن

- ١ - حساسية العين - الحساسية التقريبية للعين العادية .
- ٢ - الفيلم العادي (أى الذى لم يعالج لإكسابه أى حساسية لونية) .
وهو حساس فقط للأشعة فوق البنفسجية والزرقاء والبنفسجية .
وهى الحساسية اللازمة لجميع مستحلبات هاليدات الفضة .
- ٣ - الأورثوكروماتيك - حساس للأشعة فوق البنفسجية والزرقاء والخضراء .
- ٤ - البانكروماتيك - ذو حساسية قريبة جداً من حساسية العين .

ولا تنتج مكسبات الحساسية التي تستعمل لجعل المستحلبات من النوع الأورثو كروماتيك مثلاً، نفس الحساسية للضوء . ويمكن تقدير التأثيرات النسبية لمكسبات الحساسية المختلفة بالتجربة . وتصاغ النتائج أما في شكل منحنيات الحساسية الطيفية أو أجنحة المطياف . Wedge Spectrograms . وتشير هذه النتائج إلى أطوال الموجات التي يصبح المستحلب عندها على أقصى درجة من الحساسية . كما تبين أيضاً أنه ليس هناك هبوط محدد في مدى استجابة المستحلب لضوئين أولهما ذو طول موجه معين ، والثاني ذو طول الموجه الأقصر ، أو الأطول منه مباشرة .

وتمدنا أجنحة المطياف بأفضل المعلومات العامة عن استجابة المستحلبات الفوتوغرافية للضوء . وهي تستعمل على الاتساع في الأبحاث الفوتوغرافية مثل النشرات التي تتناول الصفات المميزة للمنتجات الفوتوغرافية .

وهناك مكسبات حساسية عضوية تجعل المستحلبات حساسة لأجزاء من مدى أطول موجات الأشعة تحت الحمراء ، وبعضها يستطيع أن يوسع من مدى حساسية المستحلب حتى تصل إلى حوالي ١٢٥٠ ملليميكرون . والكثير من هذه المستحلبات الحساسة للأشعة تحت الحمراء هام للغاية في المساحة الجوية وفي الفلك وفي التطبيقات التقنية والعلمية الأخرى للتصوير الفوتوغرافي .

الباب الخامس

المحاليل والمواد الكيميائية

المستخدمة في التشغيل الفوتوغرافي

بعد أن يتم تعريض المستحلب الفوتوغرافي للضوء، تتحول الصورة الكامنة إلى صورة مرئية بعملية الإظهار . ويستدعى ذلك استعمال محاليل إظهار خاصة . وسنناقش فيما يلي الصفات الهامة لبعض المواد الكيميائية المستخدمة في محاليل الإظهار ومحاليل التشغيل الأخرى .

يمكن تحضير محاليل التشغيل من المواد الكيميائية المنفصلة التي يتم تجميعها في محلول واحد طبقا للتعليمات الواردة في نشرات تركيبات التحضير التي يصدرها مصنعو الأفلام ، أو باستعمال عبوات المواد الكيميائية التي يتم تحضيرها بواسطة مصنعى الأفلام أنفسهم . ومن الممكن الاعتماد تماما على لفائف محاليل الإظهار والتثبيت ، المجهزة كل في عبوة مستقلة ، حيث يتم خلطها وتعبئتها في حجوم كبيرة تحت ظروف خاضعة لتحكم ومراقبة بالغى الدقة .

ولقد نالت هذه المنتجات ذات الملكية الخاصة لمصنعي الأفلام ، شعبية كبيرة في السنوات الحديثة لثماثلها من عبوة إلى الثانية ، وللسهولة التي تتيحها بالنسبة لعمليات المزج مع انخفاض ثمنها نسبيا ، وخصوصا في الحالات التي يقتضى الأمر فيها تشغيل حجوم كبيرة من المواد الفوتوغرافية بعد تعريضها للضوء . ومن الهام أن نلم بمعرفة المواد الكيميائية المستخدمة بصرف النظر عن كيفية تحضير المحاليل .

ولقد بينا في الباب الثالث أن عنصرين أو أكثر قد يتحدا مع بعضهما البعض منتجين مركبات كيميائية . ولكل من هذه المركبات صفات مميزة تتوقف بالذات على

العناصر المتحدة فيه مع بعضها البعض . ولكن البعض من هذه العناصر قد يتشابه تماما في خواصه وتفاعلاته مع بعض العناصر الأخرى الشديدة الانتساب له . وعلى هذا الأساس يمكن تقسيمها إلى فصائل عديدة متسعة .

ويمكن تقسيم العناصر على الاتساع إلى مجموعتين : هما الفلزات ، واللافلزات . وتحتوى المجموعة الأخيرة (اللافلزات) على عدد من العناصر تكون في الحالة الغازية عند درجة الحرارة والضغط العاديين . ويبين الجدول رقم (١) العناصر الأكثر أهمية في التصوير الفوتوغرافي .

ولا بد في كل التفاعلات الكيميائية من استعمال كميات أو أوزان معينة من العناصر والمركبات . ويتألف كل عنصر من ذرات من نفس النوع . ومن الممكن تقدير معدل الوزن النسبي لذرة كل عنصر باتباع طرق دقيقة . ويسمى معدل الوزن الذرى ، وهو يختلف بالنسبة لكل عنصر .

جدول رقم (١)

اللافلزات			الفلزات		
الوزن الذرى	الرمز	العنصر	الوزن الذرى	الرمز	العنصر
١٢	ك	الكربون	٢٣	ص	الصوديوم
١٠,٨	ب	البورون	٣٩,٢	بو	البوتاسيوم
٣٢	كب	الكبريت	٤٠,٠٨	كا	الكالسيوم
١٢٦,٩	ى	اليود	٥٥,٨٤	ح	الحديد
٧٩,٩	بر	البروم	٦٣,٥٧	نح	النحاس
الغازات			١٠٧,٨٨	ف	الفضة
١,٠٠٨	يد	الهيدروجين	١٩٧,٢	ذ	الذهب
١٤	ن	النيتروجين	١٩٥,٢٣	بلا	البلاتين
١٦	ا	الأكسجين	٢٦,٩٧	لو	الألمونيوم
٣٥,٥	كل	الكلور	٢٠٠,٦	ك	الزئبق

فمثلا الأوزان الذرية للصوديوم والكربون والكلور والفضة هي على الترتيب :
٢٣-١٢ - ٥٣,٥ - ١٠٧,٨٨ ممثلة على تدريج يبدأ بالأيديروجين عند ١,٠٠٨ .
ويتكون كلوريد الصوديوم من التفاعل بين الصوديوم والكلور طبقا للمعادلة
الآتية :



فتتحد كل ذرة من الصوديوم بذرة واحدة من الكلور . وتكون الأوزان
الداخلية في التفاعل من العنصرين بنسبة أوزانها الذرية وهي ٢٣ للصوديوم ،
٣٥,٥ للكلور . وسوف تتفاعل هذه الأوزان من العنصرين مع بعضها البعض دائما
لتكوين كلوريد الصوديوم . أو بعبارة أخرى سوف يظل كلوريد الصوديوم محتويا
على هذين العنصرين دائما بنفس النسبة ؛ أى ٢٣ إلى ٣٥,٥ بالضبط . ويمكن قياس هذه
الأوزان بالجرامات أو بالأوقيات أو بأى مقياس آخر ما دامت النسبة الصحيحة
للكميات محفوظة . وتتكون المركبات المتنوعة المعروفة الأخرى بطريقة مشابهة من
اتحاد ذرات العناصر المختلفة بنسبة ثابتة ، محددة خاصة في كل حالة . فمثلا الماء - ورمزه
هو H_2O - ينتج دائما عن حدوث ارتباط بسيط بين ذرتين من الأيديروجين ؛ وذرة
واحدة من الأكسجين .

وعندما يتفاعل الصوديوم والكلور تنتج جزيئات كلوريد الصوديوم ؛ ومجموع
أوزان الذرات الداخلة في التفاعل (وهو ٨٥,٥) هو الوزن الجزيئى لكلوريد الصوديوم .
وقد تتحد الذرات بنسب أخرى غير واحد إلى واحد لتكوين المركبات .
فمثلا في حالة الماء ؛ تتحد ذرتان من الأيديروجين مع ذرة واحدة من
الأكسجين دائما ، وتتناسب الكميات المستخدمة من العنصرين مع أوزانها الذرية .
أى أن ٢,٠١٦ وحدة وزنية من الأيديروجين (ضعف الوزن الذرى
للأيديروجين) تتحد مع ١٦ وحدة وزنية من الأكسجين . ومن ثم فإن الوزن
الجزيئى للماء هو ١٨,٠١٦ . وبنفس الطريقة تتفاعل الشقوق Radicals
مثل النترات (NO_3) كوحدة واحدة . فعند تكون نترات الصوديوم ،
تتحد ذرة واحدة من الصوديوم مع شق النترات . والكميات المستخدمة

هى ٢٣ وحدة من الصوديوم (وهى عبارة عن الوزن الذرى للصوديوم) ، ٦٢ وحدة من النترات ، وهى عبارة عن مجموع الأوزان الذرية للعناصر الداخلة فى تركيب شق النترات ، (وهى الوزن الذرى للنيتروجين (أى ١٤) وثلاثة أوزان ذرية للأكسجين (أى ١٦ × ٣ = ٤٨) . وبناء على ذلك فإن الوزن الجزيئى لنترات الصوديوم هو ٨٥ .
ولقد ذكرنا أنه من الممكن تحضير مستحلب بسيط طبقا للمعادلة الآتية :



ولتحديد كميات نترات الفضة وكلوريد البوتاسيوم اللازمة لإتمام التفاعل الذى تعبر عنه المعادلة ، تحسب الأوزان الجزيئية للمركبات عن طريق الأوزان الذرية للعناصر المستخدمة .

ولقد تم تقدير النسب التى تتحد بها ذرات العناصر المختلفة بتحليل الكثير من المركبات المعروفة تحليلًا كيميائيًا . وكنتيجه لهذا يمكن أن نشير إلى مدى الفرق بين نشاط عنصر ما ، وعناصر أخرى .

وتسمى هذه الصفة المميزة للعناصر بالتكافؤ .

أنواع المركبات :

الأكاسيد : وهى مركبات تنشأ من اتحاد الأكسجين مع العناصر الأخرى .
فمثلا يتحد الكبريت والأكسجين لتكوين ثانى أكسيد الكبريت ، أى أن



وبطريقة مشابهة ، يستطيع الصوديوم أن يتفاعل مع الأكسجين لتكوين أكسيد الصوديوم أى أن :



والكثير من الأكاسيد الناتجة تذوب فى الماء ، وتعتمد صفات المحلول على نوع العنصر الذى قد اتحد بالأكسجين .

الأمحاض : وهى تتكون من إذابة أكاسيد العناصر اللافلزية فى الماء . والأمحاليل الحامضية عامة ذات طعم لاذع ، وتغير لون صبغة عباد الشمس إلى الأحمر (وهى

عبارة عن مادة نباتية Vegetable ملونة (أى مكسبه للألوان Colouring) وتوصل الكهرباء وتحتوى على الأيدروجين . فمثلا يذوب ثاني أكسيد الكبريت في الماء منتجا حامض الكبريتوز Sulfurous Acid أى أن :



أو يذوب ثالث أكسيد الكبريت في الماء منتجا حامض الكبريتك ، أى أن :



القواعد : وهى تتكون من إذابة أكاسيد العناصر الفلزية في الماء . والمحاليل القاعدية أو الفلزية عامة ، ذات ملمس صابونى ، وتغير لون عباد الشمس إلى الأزرق وتوصل الكهرباء ، وتحتوى على الأكسجين . وهى قارضة جدا وحتى تخالطها المحففة قادرة على مهاجمة الغشاء الخلوى للقم . ولذا لا ينبغي تذوقها (أو تناولها بالقم) . فمثلا ينتج أيدروكسيد الصوديوم من أكسيد الصوديوم والماء ، أى أن :



الأملاح : وهى تتكون عندما تتفاعل الأحماض مع القواعد لإنتاج مواد تتميز بمحاليلها المائية بصفات معينة تختلف كلية عن صفات محاليل الأحماض أو القواعد . وهى في الحقيقة تشبه في سلوكها ملح الطعام العادى ، أى كلوريد الصوديوم . فمثلا يتفاعل حامض الكبريتوز مع أيدروكسيد الصوديوم مكونا سلفيت الصوديوم والماء . وسلفيت الصوديوم ملح شائع الاستعمال في محاليل الإظهار والتثبيت الفوتوغرافية . ويتكون طبقا للمعادلة التالية :



وفي هذا المثال حل الصوديوم محل جميع الأيدروجين الموجود في حامض الكبريتوز . ويسمى هذا التفاعل المميز للأحماض بالتعادل . ومن الممكن أن يتم تحت ظروف مختلفة ، لإحلال الفلز (وهو الصوديوم في هذه الحالة) محل ذرة واحدة من ذرتي أيدروجين الحامض . وحينئذ يتكون ملح يسمى (سلفيت الصوديوم الحامضية) والماء ، طبقا للمعادلة التالية :



ومن الممكن أن يتم بطريقة مشابهة إحلل الفلزات الأخرى محل أيديروجين الحامض لتكوين أملاح هذه الفلزات .

وكمثال آخر نسوق مركبا ذا أهمية في التصوير الفوتوغرافي هو الملح الصوديومي لحامض يسمى حامض الثيوكبريتك رمزه هو يد^٢ كب^٢ أ^٣ وثيوكبريتات (ثيوسلفات) الصوديوم ص^٢ كب^٢ أ^٣ هو الاسم الكيميائي الصحيح لما يسمى الهيبو Hypo والذي يستخدم في تركيب محاليل التثبيت .

وتتكون الأملاح التي تناولتها مناقشتنا حتى الآن من الأحماض الناتجة عن تفاعل الأكاسيد مع الماء . وتستطيع بعض العناصر غير المعدنية ، مثل مجموعة الهالوجينات أن تتحد مباشرة مع الهيدروجين لإنتاج الأحماض القوية . فمثلا تكون عناصر الكلور والبروم واليود ، حامض الأيدوكلوريك (يد كل) ، والأيدوبروميك (يدبر) ، والأيدروايوديك (يدى) . وعندما تتعادل هذه الأحماض بالتفاعل مع أيدروكسيد البوتاسيوم ، تنتج أملاح الهاليد : كلوريد البوتاسيوم (بوكل) ، وبروميد البوتاسيوم (بوبر) وإيوديد البوتاسيوم (بوى) على الترتيب . وهذه الأملاح هامة للغاية في تصنيع المستحلبات ، لأنها هي التي تكون هاليدات الفضة في المستحلب .

ويحتوى الجدول رقم (٢) على بعض الأحماض والقواعد الأكثر أهمية في عمليات التشغيل الفوتوغرافي .

جدول رقم (٢)

الأحماض	القواعد	الأملاح
حامض الخليك حامض الأيدروكلوريك حامض الكبريتيك	أيدروكسيد الصوديوم كربونات الصوديوم* قلوى كوداك المتعادل* البوركس*	سلفيت الصوديوم كبريتات الصوديوم بروميد البوتاسيوم ثيوسلفات الصوديوم شب البوتاش شب الكروم

* هي في الحقيقة أملاح ذات تأثير قلوى شديد .

المركبات العضوية :

تقع المواد الكيميائية التي ناقشناها حتى الآن في الفصيلة المعروفة للكيميائيين باسم المركبات غير العضوية . وتحتوى المواد غير العضوية عامة على العناصر الفلزية . وهى تتفكك عند درجات الحرارة العادية مخلفة بقايا من الرماد . وفى الناحية الأخرى ، توصف المواد العضوية عامة بأنها تحترق وتنتج غالباً بقايا من الكربون ، وذلك لأنها تتكون أساساً من الكربون والهيدروجين والأكسجين والنيتروجين ، وأحياناً الفسفور واليود أو عناصر أخرى . وباستثناء الكربون ، فإن بقية العناصر المذكورة تتطاير (أى تتحول إلى بخار) عند درجات الحرارة العالية .

والكثير من المركبات العضوية المستخدمة فى التصوير الفوتوغرافى ليست سريعة الذوبان فى الماء إذا استعملت بدون تحوير . فهى تعالج كيميائياً بطريقة تتيح الحصول على أحد المشتقات الأكثر قابلية للذوبان ، ويتم ذلك عادة بتكوين الملح الصوديوم للمركب العضوى . وتسلك هذه الأملاح العضوية فى المحاليل بنفس طريقة الأملاح غير العضوية تقريباً .

المحاليل والاذابة :

يتم الحصول على المحلول بخلط وانتشار المواد الصلبة أو السوائل بكيفية متماثلة سوية خلال سائل آخر . وتسمى المادة التى تتم إذابتها « بالمذاب » والمحلول التى تذوب فيه « بالمذيب » . والمدى الذى سوف يتم ذوبان المذاب إليه يسمى بالإذابة . وعندما يصبح المذيب غير قادر على الاحتفاظ بمزيد من المذاب يقال عنه إنه قد تشبع . وهناك أنواع مختلفة من المحاليل ، تنقسم إلى فصائل تبعاً لدرجة ذوبان المذاب . والمحلول الحقيقى هو الذى لا يترسب المذاب فيه ، بل يبدو متجانساً للعين . وفى المحلول الحقيقى مثل محلول ملح الطعام ، تتجزأ المادة المذابة إلى جزيئات منفصلة ، أو فى الغالب إلى مجاميع من جزيئات قليلة . وإذا كان المخاوط أقل تماسكاً وأمكن رؤية جزيئات دقيقة فيه بالمكروسكوب ، فإن المخلوطناتج يسمى بالمعلق . والمستحلب الفوتوغرافى مخلوط من جزيئات صغيرة جداً من هاليدات الفضة فى محلول الجيلاتين . وهو فى الحقيقة معلقاً وليس مستحلباً . وهناك نوع ثالث من المحاليل يسمى بالمحلول الغروى ، وهو وسط بين المحلول الحقيقى والمعلق . ولا يترسب

المواد الغروية من المحاليل كما تفعل المواد العالقة ، أوعلى الأقل ليس بهذه السرعة تقريباً . فقد أخفقت بعض المحاليل الغروية المائية فى ترسيب المواد المذابة فيها بعد سنين عديدة . والجيلاتين مادة غروية ، ذات محلول غروى فى الماء ، وهو بفضل هذه الصفة يحتفظ بهاليدات الفضة متائلة التوزيع فى المستحلب الفوتوغرافى ، ويمنعها من الانفصال عنه . وحيث إن الجيلاتين يمنع هاليدات الفضة من الاستقرار خارج المحلول ، فانه يسمى مادة غروية واقية .

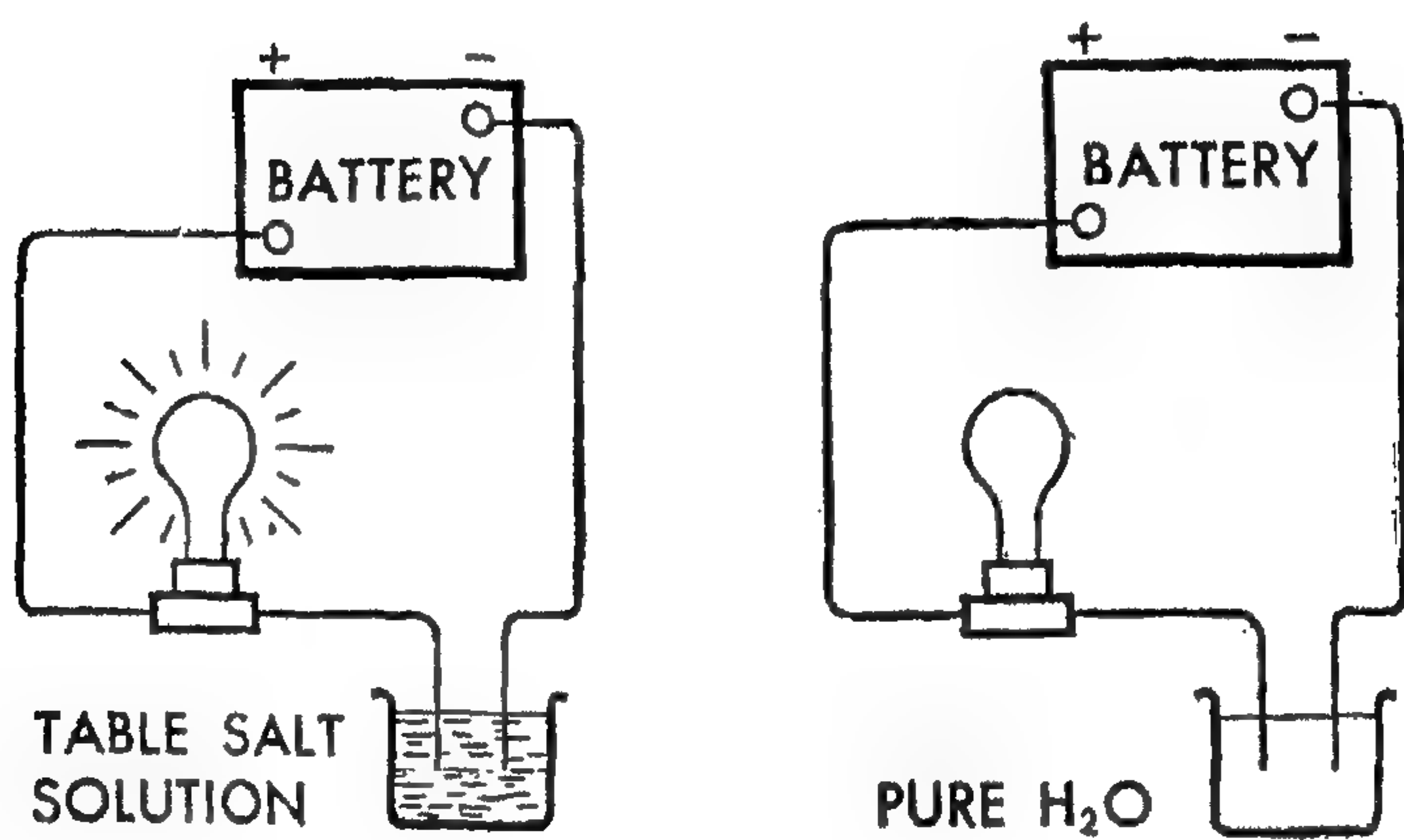
ولذوبان المركبات المختلفة أهمية شديدة فى علم التصوير الفوتوغرافى . وبعض المركبات الكيميائية شديدة القابلية للذوبان . وبعضها ذو قابلية ضعيفة جداً للذوبان ، فمثلا يعتمد تكون هاليدات الفضة فى تصنيع المستحلب الفوتوغرافى على محلول مركبين ذوى قابلية شديدة جداً للذوبان (هما نترات الفضة وأحد هاليدات البوتاسيوم) لإنتاج هاليد الفضة الشحيح الذوبان للغاية ، و الذى يترسب بالتالى فى المحلول . ولولا ذلك الترسيب لملح شحيح الذوبان للغاية لما كان المستحلب الفوتوغرافى قد اخترع على الإطلاق . وفى العادة يتم تعيين أو مدى ذوبان مركب ما بدلالة وزنه بالجرامات الذى يمكن إذابته فى مائة جرام من الماء عند درجة حرارة معينة . ومعاملات ذوبان Solubilities نترات الفضة وكلوريد البوتاسيوم وكلوريد الفضة عند درجة حرارة الحجرة هى : ١٢٢ ، ٣٥ ، ٠,٠٠٠٩ جم فى ١٠٠ سم ٣ من الماء على الترتيب .

وتشتمل محاليل الإظهار والتثبيت وبقية المحاليل الفوتوغرافية على عدة مواد كيميائية فى المحلول الواحد . ومن الممكن تحضير هذه المحاليل بسبب قابلية المواد الكيميائية المختلفة للذوبان ، حتى عند استعمالها مع بعضها البعض فى محلول واحد . ولكن هناك تجمعات كيميائية كثيرة لا يمكن إذابتها فى محلول واحد بسبب بعض القيود الناتجة عن القابلية الضعيفة للذوبان ، أو التفاعلات التى تحدث بين بعض المواد الكيميائية ، أو ترسيب المواد الناتجة من التفاعل .

التاين :

يرجع السبب فى إمكان حدوث تفاعلات بين المواد الكيميائية فى المحاليل إلى صفات معينة للمحاليل . فاذا وضعنا بعضاً من ماء الصنبور فى وعاء زجاجى

ثم غمسنا في الماء سلكين موصلين بمصباح عادي من مصابيح التصوير الكهربائي الخاطف وببطارية جافة ، فقد نلاحظ توهجاً ضعيفاً جداً للمصباح . وإذا كررنا التجربة بعد إذابة كمية من ملح الطعام بقدر ملء القليل من ملاعق الشاي ، فإننا نلاحظ انبعاث ضوء أكثر تألقاً . ويمكن إعادة هذه التجربة بمجموعة كاملة من الأحماض والقواعد والأملاح ، وسنشهد الضوء في كل مرة . وبعبارة أخرى ، توصل هذه المحاليل الكيميائية الكهرباء . فكيف يحدث هذا ؟ .



شكل رقم (١٥)

يقوم ملح الطعام بتوصيل الكهرباء بسبب قابليته للتأين

إذا قمنا بتسخين ماء الصنبور حتى نقطة الغليان ، ثم سمحنا لبخار الناتج بالمرور إلى إناء بارد فإننا نحصل فيه على الماء النقي ؛ بعد أن فقد أغلب الأملاح التي كانت مذابة فيه أصلاً . وتسمى هذه العملية بالتقطير . والماء الناتج يسمى بالماء المقطر . وحيث إن الماء يصبح أكثر نقاء بعمليات التقطير المتكررة ؛ فإن التجارب التي تجرى في جهاز قياس التوصيل الكهربائي تبين أن التيار الذي يسمح له هذا الماء المقطر بالمرور خلاله يزداد ضعفاً كلما ازداد نقاء الماء نتيجة لتكرار عملية التقطير .

وقد ثبت عملياً أن الماء النقي لا يوصل الكهرباء . ويستخلص من هذه التجارب البسيطة أن الأملاح الذائبة في الماء هي المسئولة عن توصيل المحاليل للكهرباء .

وبعض المركبات الكيميائية الأخرى مثل السكر ؛ لا تسمح للتيار الكهربائي بالسريان في محاليلها . وحيث إن التيار الكهربائي توجد به شحنات كهربائية سالبة

وموجبة ، فانه من المنطقي استنتاج أن ملح الطعام يعانى من تغير فى بنائه ، لينتج شحنات كهربائية فى المحلول ، فى حين لا يفعل السكر . وعندما تختفى جزئيات ملح الطعام (كلوريد الصوديوم) فى الماء ، فانها تميل إلى أن تنشط ، أو تتفكك إلى جزئين يحمل كل منهما شحنة كهربية . والشحنتان متساويتان فى المقدار ومتضادتان فى الاتجاه .



وتسمى ذرات الصوديوم والكلور التى اكتسبت شحنات كهربية بالأيونات ، ويسمى نشوؤها فى المحاليل المائية بالتأين . وتبين الإشارة الموجبة أن أيون الصوديوم يحمل شحنة كهربية موجبة ، بينما السالبة تبين أن أيون الكلور يحمل شحنة كهربية سالبة . والتأين هو العملية التى جعلت من الممكن قيام تفاعل سريع جداً بين المواد الكيميائية المختلفة المذابة فى الماء . ويحظى تأين المركبات الكيميائية فى المحاليل المائية بأهمية كبيرة للغاية فى عمليات التشغيل الفوتوغرافى .

الباب السادس

محاليل الإظهار الفوتوغرافية .

محاليل الإظهار الفوتوغرافية عبارة عن محاليل كيميائية خاصة بها مواد تتفاعل مع هاليدات الفضة التي تعرضت للضوء في المستحلب الفوتوغرافي ، لتحيل الصورة الكامنة الخفية إلى صورة مرئية واضحة . والصورة الكامنة تتألف من بللورات صغيرة للغاية من هاليدات الفضة التي قد استقبلت تعريضاً ضوئياً . وعندما يتم التأثير على هذه البللورات بواسطة المحلول المظهر ، فإنها تتحول إلى الفضة المعدنية التي تتكون منها الصورة المرئية .

وسوف نعتبر في هذا الباب محاليل الإظهار الفوتوغرافية ، سواء تلك التي تباع في عبوات معدة بواسطة مصنعى الأفلام ، أو تلك التي يتم تحضيرها بناء على تركيبات التحضير المنشورة ، الشائعة الاستعمال في عمليات الإظهار المنتظمة لأفلام المحترفين والهواة والأوراق الفوتوغرافية . وتحتوى جميع محاليل الإظهار هذه على مواد تركيب أصلية معينة تؤدي نفس المهمة من تركيبه إلى أخرى (بصرف النظر عن نوع تركيبه التحضير المستخدمة) ، وبالرغم من أن كميات المواد الكيميائية المستخدمة وكذلك نوع المادة الكيميائية نفسها ، قد تختلف من تركيبه إلى أخرى .

المذيب :

يستعمل الماء في مزج محاليل الإظهار لأنه يستطيع أن يتخلل الجيلاتين الموجود على المستحلب الفوتوغرافي ويستطيع أن يذيب المواد الكيميائية المختلفة التي لابد من احتواء المستحلب الفوتوغرافي عليها . وفي حالات خاصة مثل تلك المتعلقة بمحاليل الإظهار

السائلة العالية التركيز ، قد يستدعى الأمر إضافة كميات صغيرة من مذيب ثان أو ثالث من أجل المحافظة على جميع المواد الكيميائية في المحلول . وغالبا ما يستعمل ثنائي ايثيلين الجليكول Diethylene Glycol ، الشبيه بالبريستون Prestone المقاوم للتجمد ، للمحافظة على المواد الكيميائية العضوية في المحلول . ومن الضروري بذل عناية في اختيار المذيب الثاني ، إذ إن بعض المذيبات تحول دون إتمام الإظهار الكافي للصورة .

مادة الإظهار :

مادة الإظهار عبارة عن مركب كيميائي له المقدرة على تغيير حبيبات هاليدات الفضة التي تعرضت للضوء إلى فضة معدنية ، بدون أن يكون له تأثير ملموس على بقية حبيبات المستحلب التي لم تتعرض للضوء .

وفي حين أنه يمكن استخدام بعض المركبات الكيميائية البسيطة جدا كعناصر إظهار ، فإن تلك المواد المستخدمة في أغلب محاليل الإظهار العملية ، عبارة عن مركبات كيميائية عضوية خاصة ذات بناء كيميائي أكثر تعقيدا . ويصدق هذا بصفة خاصة على عناصر الإظهار المقرنة للألوان والمستعملة في التصوير الفوتوغرافي بالألوان .

المادة الحافظة :

عند إذابة مواد الإظهار في الماء وتعرض المحلول للهواء ، يتفاعل أكسجين الهواء الجوى مع مادة الإظهار مكونا نتائج تأكسد ذات لون شديد الوضوح . ويحدث نفس التفاعل في محاليل الإظهار الفوتوغرافية عند تعرضها للهواء ، سواء وهى مخزونة ، أو في أثناء استعمالها في عمليات الإظهار .

وتقوم المادة الحافظة وهى عادة سلفيت الصوديوم (ص ك ب ا ٣) بالاتحاد كيميائيا مع نتائج التأكسد لمنع تكون المركبات الملوثة ، وبذلك تحافظ على محلول الإظهار رائقا . كما أنها تقلل من معدل التأكسد بواسطة الهواء . وما يابث محلول الإظهار أن يصبح ملونا باستمرار الاستعمال ، ولكن احتوائه على المادة الحافظة يسمح له بإظهار عدد أكبر من المستحلبات — التى استقبلت تعريضا ضوئيا — قبل أن يصبح المحلول غير صالح للاستعمال .

المادة المنشطة :

لا تستطيع أغلب مواد الإظهار العضوية اختزال هاليدات الفضة المعرضة للضوء في المحاليل المتعادلة ، أو على الأقل فإنها تفعل ذلك بمعدل منخفض جدا لا يمكن الاستفادة منه عمليا . ولذلك يدخل في تركيب محاليل الإظهار قلويات معينة لجعل عملية الإظهار أكثر نشاطا . ويتم التحكم في النشاط الذي قد أضفى على المحلول بوسيلتين : الأولى هي المادة القلوية التي قدمت اختيارها ، والثانية هي درجة القلوية التي تكسبها المادة القلوية المختارة بالذات للمحلول . وأكثر المواد القلوية استعمالا في العادة هي البوراكس ، وقلوى كوداك المتعادل Kodak Balanced Alkali ، وكربونات الصوديوم ، وأيدروكسيد الصوديوم . وقد أوردناها في ذلك التسلسل حسب درجة نشاطها . فالبوراكس يكسب محاليل الإظهار أقل درجة من القلوية ، في حين يكسبها أيدروكسيد الصوديوم أعلى درجة . وسلفيت الصوديوم المستعمل كمادة حافظة يعتبر قلويا ضعيفا ، ولذلك لا يلزم إضافة مادة قلوية إلى محلول الإظهار المحتوى عليها ، في بعض الحالات الخاصة التي تقتضى استعمال عنصر إظهار نشط جداً مثل الأميدول .

المادة المثبطة :

هناك تركيبات كثيرة شائعة لمحاليل الإظهار يتم إعداد كل منها ليصبح صالحا لإظهار نوع معين من المواد الفوتوغرافية . وفي أغلب الأحيان تحتوي هذه المحاليل على مادة مثبطة — وهي بروميد البوتاسيوم (بوير) عادة ، لتحديد من نشاط محلول الإظهار على المناطق التي لم تستقبل تعريضا ضوئيا (أى في المناطق التي لا تحتوي على الصورة في الفيلم السالب أو الموجب) . وعندما لا يجد هذا التأثير ما يشبطه فان بعض الفضة المعدنية تنتج في المناطق التي لم تستقبل تعريضا ضوئيا ، وتسمى الكثافة الفوتوغرافية المعزاة إلى هذه الفضة المعدنية بضباب الإظهار .

محلول الإظهار كوداك « د - ٧٢ »

Kodak Developer D-72

Avoir du pois*
U.S. Liquid بوحديات

بوحديات الوزن المترية

١٦ أوقية سائلة	٥٠٠ سم ^٣	ماء عند درجة حرارة ١٢٠°ف (٥٠°م)
٤٥ قمحة	٣ جم	الميتول
١ ١/٣ أوقية	٤٥ جم	سلفيت الصوديوم اللامائي
١٧٥ أوقية	١٢ جم	الهيدروكينون
		كربونات الصوديوم ، أحادية
١٢ أوقية ، ٢٩٠ قمحة	٨٠ جم	ماء التبليز
٣٠ قمحة	٢ جم	بروميد البوتاسيوم
٣٢ أوقية		أكمل بالماء حتى يصل الحجم النهائي إلى لتر واحد

مكونات أخرى :

هناك بعض المواد الكيميائية المتنوعة التي قد تضاف أحيانا إلى محاليل الإظهار لتحقيق أهدافا خاصة . فتضاف كبريتات الصوديوم (ص م ك ب ا) إلى محاليل الإظهار عند استعمالها في معالجة الأفلام عند درجة حرارة أعلى من الدرجة العادية . ولا تؤثر الكبريتات على إظهار الصورة بدرجة ملموسة . ولكنها تحد من زيادة انتفاخ الجيلاتين فعلا في محاليل الإظهار . وتستطيع درجات الحرارة العالية جدا أن تلين الجيلاتين في بعض المستحلبات إلى الحد الذي يجعله قابلا للتشوه الفيزيائي ، أو قد ينصهر الجيلاتين وينفصل المستحلب بأكمله ، من على الدعامة الفيلمية .

وكيميائ الإظهار الفوتوغرافي معقدة جدا ، إذا تحدث فيها عدة تفاعلات كيميائية تجري كلها في نفس الوقت . وتتكون في أثناء الإظهار مركبات تختلف عن تلك المستخدمة في تحضير المحاليل . وتحتوى بعض محاليل الإظهار التي تستخدم في حالات خاصة على مكونات أخرى تدخل في تفاعلات جانبية مع المواد الناتجة من تفاعلات

(*) Avoirdupois عيار للوزن يحدد الليبرة بستة عشر أوقية . (المترجم)

الإظهار الأساسية . ويتم أحيانا إجراء تعديل في محلول الإظهار العادى ليتحول إلى ما يسمى بمحلول الإظهار دقيق الحبيبات (أى الذى ينتج صورة دقيقة الحبيبات) بهدف الحصول على راسب أكثر تجانسا من حبيبات الفضة في الصورة . ومن أمثلة هذا التعديل إضافة كمية قليلة من مادة كيميائية لها المقدرة على إذابة جزء من بلورات هاليد الفضة في أثناء الإظهار . وتعتبر ثيوسيانات الصوديوم (ص ك ج ك ب) مذبذباً نموذجياً لهاليدات الفضة . ويستخدم في تركيبات التحضير الشبيهة بتلك المسماة محلول الإظهار كوداك د ك - ٢٠ (Kodak Developer DK 20) . ومن الضروري في بعض الأوقات - للإقلال من معدل تكون الضباب - استعمال مركب كيميائى عضوى خاص ذى تأثير يضاف إلى ذلك الخاص بالمشبط العادى . وتسمى مثل هذه المركبات العضوية ، والتي من أمثلتها مادة البنزوترايازول Benzotriazole بمانعات الضباب وتعتبر المادتان التاليتان :

Kodak Antifoggant No. 1 Kodak Antifoggant No. 2

نموذجان من المواد المانعة للضباب ، وهما يباعان في عبوات جاهزة .

وهناك مواد مزيله لعسر الماء تتحد كيميائيا مع المركبات الذائبة في الماء ، وخاصة أملاح الكالسيوم والمغنسيوم ، محولة إياه إلى ماء يسر .

ويؤدى الكالسيوم الموجود في الماء وفي المستحلبات الفوتوغرافية على الدعامات الورقية إلى تكون الغرين (أو الطمى) بمحلول الإظهار . وإذا أضيفت المادة المسماة كوداك - المضاد للكالسيوم Kodak Anti Calcium إلى المحلول المظهر فإنها تتحد مع الكالسيوم وتمنع تكون هذا الطمى (أو الغرين) .

ويحتوى الكثير من محاليل الإظهار المعبئة على كميات طفيفة من مواد كيميائية خاصة ، يحتفظ المصنع لنفسه بتركيبها ونسبة وجودها ، سرا صناعيا له . وبذلك فهي تعتبر أسراراً تجارية ، تدخل في تركيب محلول الإظهار المعبأ لتضفى عليه من الصفات المميزة المرغوبة قدرا أكبر من ذلك الذى تتمتع به تركيبات التحضير المنشورة ، أو السرية المنافسة .

وتستعمل فى محاليل الإظهار المكونة للألوان مركبات كيميائية عضوية خاصة تسمى مكونات الألوان ، أو مقرنات الألوان colour Couplers وسوف نناقشها فى الباب الثامن .

أنواع محاليل الاظهار :

قبل أن نستطرد فى مناقشة محاليل الإظهار يجب علينا وصف نوعين متميزين منها . وهما المعروفان باسم محاليل الإظهار الطبيعية أو الفيزيائية ، ومحاليل الإظهار الكيميائية أو المباشرة . وهما يختلفان عن بعضهما البعض من حيث الطريقة التى يتبعها كل منهما فى تكوين الفضة فى الصورة الفوتوغرافية. والحقيقة أن كلا هذين النوعين من محاليل الإظهار ينتجان صوراً فضية بالوسائل الكيميائية . ولكن الاصطلاح طبيعى (أى فيزيائى) قد استعمل خطأ منذ سنوات طويلة ، وما زال يستعمل حتى اليوم لوصف هذا النوع من محاليل الإظهار .

محاليل الاظهار الطبيعية :

وفى هذه المحاليل تستمد الصورة ، الفضة اللازمة لها من هاليدات الفضة الموجودة فى المستحلب الفوتوغرافى . إذ يحتوى محلول الإظهار على الفضة على هيئة أحد أملاح الفضة القابلة للذوبان فى الماء، وترسب فى أثناء الإظهار على الصورة الكامنة . ومحاليل الإظهار الطبيعية أقل كفاية من محاليل الإظهار الكيميائى بقدر كبير جداً .

وعند الرغبة فى استغلال طريقة الإظهار الطبيعى ، فإنه لا بد أن تستقبل الأفلام عند تصويرها قدرأ من التعريض الضوئى أكبر بكثير من ذلك الذى تستلزمه الأفلام المطلوب إظهارها فى محاليل الإظهار الكيميائية . ولقد ثبت أنه من الصعب إخضاع عمليات الإظهار الطبيعية إلى ظروف التحكم والمراقبة الضرورين . ولكنها قد وجدت ذات فائدة لأنواع معينة من الأبحاث التى تجرى لدراسة صفات الصورة الكامنة . ولكنها ليست عملية بالنسبة لظروف التشغيل العادية .

محاليل الاظهار الكيميائى :

وفى هذه المحاليل تستمد الصورة (التى يتم تشغيلها فيها) الفضة اللازمة لتكونها من هاليدات الفضة الموجودة فى المستحلب الفوتوغرافى . وهذه هى محاليل الإظهار

العادية المستعملة في التطبيق العملي العام للتصوير الفوتوغرافي . ونفتت هذه المحاليل هاليدات الفضة التي استقبلت التعريض الضوئي ولا تترك على الفيلم إلا الفضة المعدنية وسوف نبين في الباب التالي (السابع) طريقة حدوث ذلك .

المواد الكيميائية المستخدمة في المحاليل الفوتوغرافية :

لقد ناقشنا في الباب الخامس أنواع مختلفة من المركبات الكيميائية مثل الأحماض والقواعد والأملاح . وهناك مواد كيميائية عديدة تستخدم في الدراسات والتطبيقات المتنوعة للعملية الفوتوغرافية ، ولكن القليل منها نسبياً هو الذي يستخدم فعلاً في عمليات تشغيل الصور السالبة أو الموجبة .

المظهر :

أغلب المواد الكيميائية المستخدمة في تحضير المحاليل الفوتوغرافية بلورات أو مساحيق ذات لون أبيض ومن ثم فمن الصعب التفرقة بين أحدها والآخر . ويجب حفظ الكيماويات الفوتوغرافية في أوعية محكمة الغلق توضع عليها أسماء محتوياتها ، وتواريخها بعناية . ولا ينبغي الاعتماد على المظهر إطلاقاً كوسيلة للتعرف على هذه المواد ، حتى ولو كان من الممكن التعرف على بعض الكيماويات بهذه الكيفية . ولا ينبغي ترك الكيماويات في أوعية مفتوحة ، ومعرضة للهواء لأن الأكسجين الجوي يهاجم بعضها بينما يعاني البعض الآخر من تغيرات طبيعية .

الذوبان (أو الإذابة) :

يختلف وزن المادة الكيميائية التي تذوب في حجم معين من الماء من مادة إلى أخرى . ولدرجة حرارة الماء تأثير ملحوظ على الذوبان، إذ إن بعض المواد الكيميائية تصبح أكثر قابلية للذوبان، والأخرى أقل قابلية بارتفاع درجة الحرارة . وبين الجدول رقم ٣ بعض الأملاح المستخدمة في المحاليل الفوتوغرافية ومعاملات ذوبانها (أو إذابتها) .

يجب كما قررنا من قبل أن تكون المواد الكيميائية المستعملة في تحضير محاليل الإظهار وبقية محاليل التشغيل ، قابلة للذوبان في الماء بدرجة كافية ، وبالقدر

الذى يسمح لكل المواد الداخلة فى تركيب حمامات التشغيل بالبقاء فى المحاليل بالكميات اللازمة .

جدول رقم (٣)

الأوزان التقريبية (بالجرامات التى تذوب فى ١٠٠ سم^٣ من الماء

المادة الكيميائية	فى الماء البارد	فى الماء الدافئ
سلفيت الصوديوم	٣٠	٥٠
كربونات الصوديوم	٣٠	٤٠
بروميد البوتاسيوم	٧٠	١٠٠
ثيوسلفات الصوديوم	٢٠٠	يزداد
حامض البوريك	٥,٥	١٧
شب البوتاس	١٤,٠٠	٥٠,٠٠
شب الكروم	٢٥,٠٠	٤٠

ومواد الإظهار عبارة عن مواد كيميائية عضوية خاصة ، تختلف تماماً فى بنائها عن المركبات غير العضوية المبينة فى الجدول رقم ٣ . والكثير من المركبات العضوية عديم الذوبان نسبياً فى الماء . ولكنه من الممكن جعلها أكثر قابلية للذوبان بالسماح لها بالدخول فى تفاعلات كيميائية لإنتاج ملح للمركب ، يستخدم بدلاً من المركب نفسه . فمثلاً عنصر الإظهار المسمى إيلون كوداك ^(١) Kodak Elin Developing Agent وهو كبريتات الباراميثيل أمينوفينول P.Me thyl Amino Phenol ، ملح متوسط الذوبان فى الماء . فى حين أن الشق القاعدى نفسه شحيح الذوبان . وفى الناحية الأخرى هناك الهيدروكينون ، وهو مركب عضوى مباشر ^(٢) ، ذو قابلية للذوبان تسمح باستعماله مباشرة فى محاليل الإظهار .

(١) لهذا المركب عدة أسماء تجارية أخرى منها الميتول والبيكتول والدودول .
(المؤلف)

(٢) أى ليس ملحاً لمركب عضوى مثل الميتول .

(المترجم)

المحتوى المائى :

يحتوى عدد كبير من المواد الكيميائية فى حالتها الصلبة العادية على نسبة محددة من الماء . فكربونات الصوديوم وسلفيت الصوديوم ، وكبريتات الصوديوم وثيوسلفات الصوديوم (الهيبو) عبارة عن مواد كيميائية فوتوغرافية تحتوى على الماء فى بلوراتها .

وتتواجد كربونات الصوديوم على حالتين من البلورات تحتوى كل حالة منهما على كمية مختلفة من ماء التبلر وهما : ص ٢ ك ٣ ، ١٠ يد ١ ، ص ٢ ك ٣ ، يد ٢ ا . وتتواجد كبريتات الصوديوم فى أشكال عديدة ، يحتوى أكثرها تعقيداً على ٣٢ جزىء من ماء التبلر . أما سلفيت الصوديوم وثيوسلفات الصوديوم فيتواجد كل منهما على هيئة بلورية واحدة تحتوى على سبعة جزئيات وخمسة جزئيات ماء تبلر على الترتيب . ورمز الأولى هو :

ص ٢ ك ٣ ا ٧٠ يد ١ ، ص ٢ ك ٣ ا ٥٠ يد ١ .

ويؤثر وجود جزئيات الماء فى هذه المواد الكيميائية على الوزن الجزيئى لها مركبات . كما يؤثر فى حالات كثيرة على شكلها البلورى . وفى بعض الأحيان يصبح فى الإمكان إزالة كل أو بعض ماء التبلر فى أثناء التصنيع . وحينئذ توصف المادة الكيميائية بأنها لا مائية Anhydrous إذا تمت إزالة جميع ماء التبلر منها أو مجففة Dessicated . إذا تم نقص ماء التبلر فيها || بحيث أصبحت كميته منخفضة جداً . ويعنى هذا أنه يمكن تخفيف بعض المواد الكيميائية حتى تصبح لا مائية . وفى بعض الحالات تصبح المادة الكيميائية المجففة أقل ثباتاً . وتحسن صفات حفظها المميزة لها . وبالتالي فإن سلفيت الصوديوم وثيوسلفات الصوديوم المجففة لا تحتوى من الوجهة العلمية على ماء تبلر . وتحتوى كربونات الصوديوم الأحادية المياه على جزء واحد من الماء وينصح عادة باستعمال هذا النوع من كربونات الصوديوم فى التصوير الفوتوغرافى . ولكن ثيوسلفات الصوديوم (أى الهيبو) تطرح للاستعمال عادة وهى على هيئة بلورات منشورية تحتوى على خمسة جزئيات من ماء التبلر ، أى أن رمزها الكيميائى هو ص ٢ ك ٣ ا ٥٠ يد ١ . ولا يتمتع النوع اللامائى منها بصفات حفظ جيدة ، إذ يميل إذا ما تعرض للهواء إلى امتصاص بخار الماء منه . وأيدروكسيد الصوديوم أيضاً يمتص الماء . وتوصف المواد

الكيميائية التي تسلك حيال بخار الماء بهذه الكيفية بأنها مواد متميعة Deliquescent ولا تتمتع بعض المواد الكيميائية المحتوية على ماء تبلر بظروف حفظ جيدة عند تعرضها للهواء لأنها تفقد ماء تبلرها . وتسمى هذه المواد بأنها مواد مترهرة Efflorescent ، وكبريتات الصوديوم المتبلرة مثال جيد لهذا النوع من المواد الكيميائية .

حرارة الذوبان :

قد تسبب بعض المواد الكيميائية عند إذابتها امتصاص حرارة أو انبعاث حرارة من الوسط المحيط بها . فعند إذابة أيدروكسيد الصوديوم ينبعث قدر كبير من الحرارة . ويحدث ارتفاع في درجة الحرارة يقدر بحوالى ٤٠ درجة فهرنهايت ، عند إذابة خمسين جراماً من أيدروكسيد الصوديوم في نصف لتر من الماء . ويوصف ذلك التفاعل بأنه تفاعل طارد للحرارة Exothermic . وفي هذه الحالات يجب استعمال الماء البارد دائماً . وعندما تستدعى الحاجة تحضير محاليل مركزة من هذا الأيدروكسيد يجب استعمال وعاء من الخزف (الفخار) ، أو وعاء مطلي بالمينا ، أو من الصلب غير القابل للصدأ . أما إذا استعمل إناء زجاجي في المزج فانه لابد من وضعه فوق قطعة من القماش ، أو الاسبستوس Asbestos حتى لا يلتصق قاع الإناء بالطلاء المغطى للسطح الموضوع عليه ، أو أى سطح آخر يلين بالحرارة المنبعثة . وقد وقعت حوادث خطيرة من جراء عدم مراعاة هذا الاحتياط .

وينتسب تحضير محاليل الأحماض — إلى حد ما — لذلك النوع من التفاعلات . ولمنع الانبعاث السريع والخطير للحرارة عند تخفيف الأحماض القوية ، يجب دائماً إضافة الحامض إلى الماء مع التقليب . ولا يضاف الماء إلى الحامض .

ويسلك الهيبو المتبلر سلوكاً مضاداً تماماً . فقد وجد بالتجربة أنه عند إذابة ٢٢٥ جم من الهيبو المتبلر في نصف لتر من الماء عند درجة حرارة الغرفة تنخفض درجة حرارة المحلول بمقدار ٢٠° ف .

ويوصف هذا النوع من التفاعلات بأنه تفاعل ماص للحرارة Endothermic إذ يصحبه امتصاص للحرارة . ويمكن في هذه الحالة استعمال الماء الدافئ أو حتى الماء الساخن .

تحضير المحاليل الفوتوغرافية :

من الضروري إخضاع عمليات تشغيل المواد الفوتوغرافية لنوع دقيق من التحكم والمراقبة حتى نستطيع الحصول على النتائج الممتازة التي نرغبها . ويحظى الخلط (أو التحضير) المعنى به لمحاليل التشغيل بالأهمية العظمى . ومن الواجب المحافظة على أوعية التحضير ، وجرادل المياه والتنكات (المخصصة لحفظ المحاليل أو لعمليات التشغيل) والحجرات المظلمة نظيفة في كل وقت من الأوقات . ويجب تحاشي الغبار الكيميائي . ويعتبر استعمال فوطة نظيفة من القماش لمسح الأسطح الموجودة في مكان العمل من حين لآخر بالوسيلة العملية السليمة ، وبالذات بعد وزن وتحضير المواد الكيميائية . وقد يؤدي التلوث إلى تلف محاليل الإظهار بسرعة . فمثلا إذا تلوثت محاليل الإظهار بكبريتور الصوديوم ، تعاني الأفلام التي تعالج فيها من ظهور تعاني الضباب عليها ، حتى ولو لم تتجاوز كمية كبريتور الصوديوم الآثار الطفيفة للغاية .

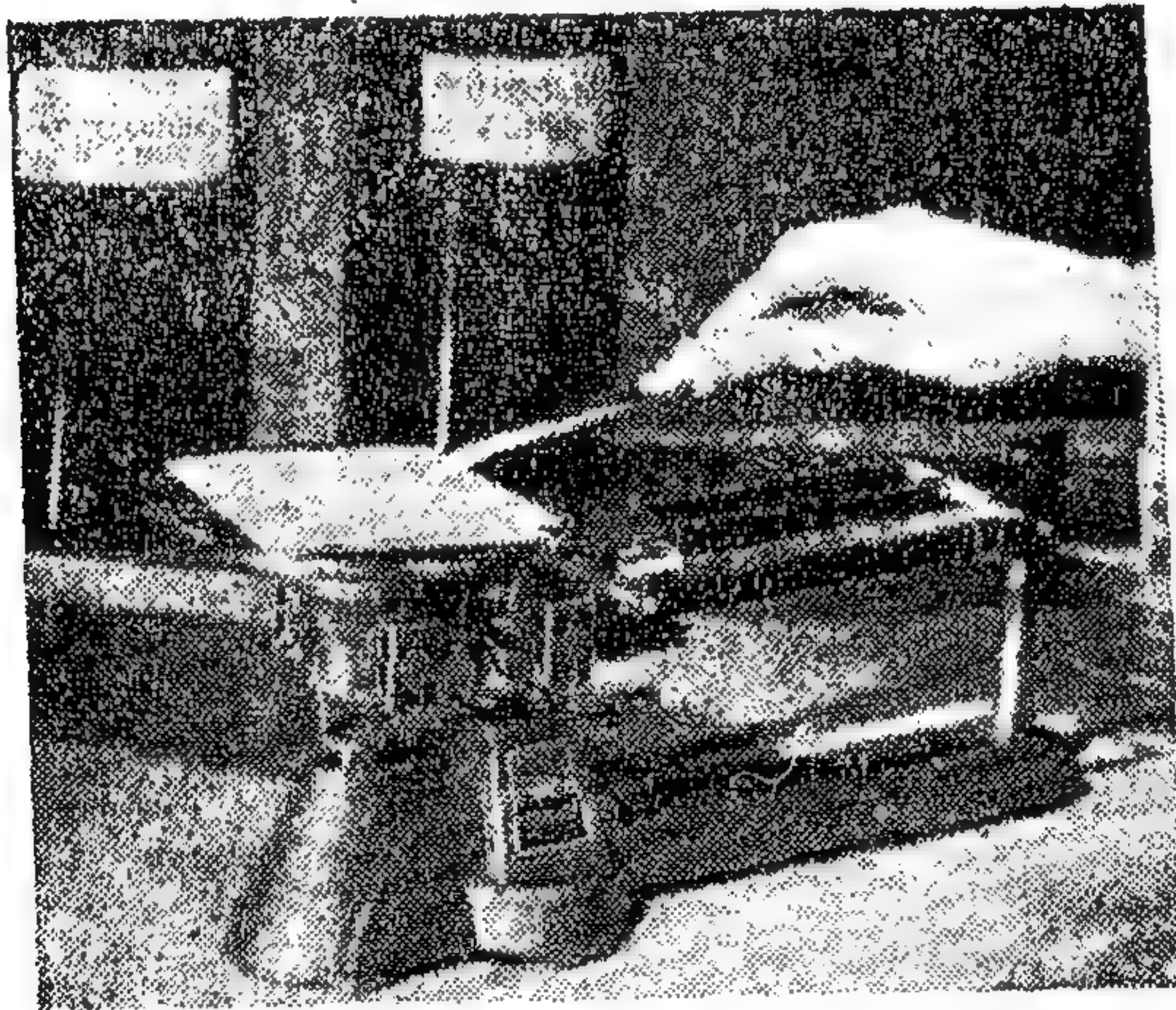
ويجب عند وزن الكيماويات استعمال وحدات القياس الملائمة للكميات المطلوبة . وكذلك وضع قطعة نظيفة من الورق على كفة الميزان مع كل مادة طبقا للعرف الموصى به . ويجب التخلص من الورقة بعد وزن كل مادة ؛ واستعمال ورقة نظيفة جديدة .

كما يجب اختبار مصدر المياه للتأكد من خلوه من الشوائب الضارة . ولكنه ليس من الضروري عامة استخدام الماء المقطر ، أو الماء ذي درجة النقاء الكيميائية . والحقيقة أنه يمكن استعمال أي نوع من الماء حتى ماء البحر في تحضير المحاليل الفوتوغرافية ، بالرغم من احتمال احتواء المحلول نتيجة لهذا على بعض الطمي . ويطرسب هذا الطمي في المحلول بسبب التفاعلات الكيميائية التي تحدث بين أملاح الكالسيوم والمغنسيوم الموجودة بتركيز مرتفع في ماء البحر ، وبين سلفيت الصوديوم الموجود في محلول الإظهار . ولكنه من الممكن السماح له بالاستقرار في قاع الإناء الحاوي للمحلول ، ثم سحب المحلول الرائق بعيدا عنه أو نرحه من فوقه . ولا يصحب ذلك تأثير ملموس على إظهار الصورة عامة .

ويحتوى محلول الإظهار الفوتوغرافي كما ذكرنا من قبل على عدة مواد كيميائية ، يتواجد بعضها فيه بدرجات تركيز مرتفعة جدا . وحتى نصبح على يقين من تمام

إذابة المواد الكيميائية ، فإنه يجب إذابتها في المحلول تبعا لترتيب معين .. ويراعى في تركيبات تحضير محاليل الإظهار ومحاليل التشغيل الأخرى التي تنشرها الشركات الفوتوغرافية أن ترد فيها المواد الكيميائية الداخلة في تركيبها بحسب ترتيب إذابتها . ويجب إذابة كل مادة تماما قبل إضافة المادة التالية لها إلى المحلول. وينطبق ذلك تماما أيضا على الأجزاء المنفصلة لبعض محاليل الإظهار المعبأة أو كيمائيات التشغيل الفوتوغرافي ذات الملكية الخاصة للمصنعين .

ويمكن تحضير أغلب محاليل التشغيل الفوتوغرافية عند درجة حرارة قدرها ١٢٥ ف . وتبدأ العملية بملاً وعاء التحضير بحجم من الماء يتراوح فيما بين حوالى نصف أو ثلاثة أرباع الحجم النهائى للمحلول . ثم تسخين الماء إلى درجة ١٢٥ ف . وبعد إذابة جميع المواد الكيميائية اللازمة للمحلول يضاف من الماء البارد القدر اللازم لتكملة الحجم النهائى للمحلول . ويجب عند تحضير محاليل الإظهار إضافة حوالى عشر كمية سلفيت الصوديوم إلى الماء قبل إضافة عنصر الإظهار إليه . ويساعد هذا على منع تلون المحلول بأى لون غريب بفعل أكسجين الهواء الجوى . وأى استثناء لهذه القاعدة العامة تتم الإشارة إليه في تعليمات التحضير الخاصة بمحلول معين .



شكل رقم ١٦ (

الطريقة الموصى بها في وزن المواد الكيميائية . ولتحاشي تلوث المواد ببعضها ، يجب استعمال ورقة نظيفة عند وزن كل مادة

ويجب أن يكون حجم المحلول الذي تم تحضيره في المرة الواحدة كافياً تماماً لاحتياجات أسبوعين أو ثلاثة ، ولا بد من تخزينه في زجاجات مغلقة بإحكام . وهناك بعض المحاليل التي يجب تحضيرها بالكاد قبل استعمالها ، وذلك لافتقارها إلى صفات الحفظ الجيدة . ومن أمثلة ذلك محاليل الإظهار التي تحتوي على أيديروكسيد الصوديوم (الصودا الكاوية) كمادة منشطة . وعلى كل ، فإنه من الممكن في الكثير من هذه الحالات ، تجزئة المواد الكيميائية الموجودة في التركيبة الواحدة إلى مجموعتين أو أكثر ، وإذابة كل مجموعة في قدر منفصل من الماء ، حتى يمكن الحصول على كميات أكثر ثباتاً من محلول الإظهار النهائي . ومن هذه الكميات يمكن تحضير المحلول اللازم للعمل بسهولة يخلطها مع بعضها البعض بالنسب الصحيحة قبل الاستعمال مباشرة .

المكاييل والمقاييس :

تحتوي التركيبات الفوتوغرافية المنشورة عادة على نظامين للمكاييل والمقاييس ، هما النظام المترى ونظام Avoirdupois ، وفي النظام المترى يتم وزن الكيماويات بكسور الجرام أو بمضاعفاته . ويقاس حجم الماء اللازم لإذابتها بالسنتيمترات المكعبة أو اللترات . أما في نظام Avoirdupois فإن المواد الكيماوية توزن بالقمححات Grains ، والأوقيات Ounces ، والأرطال Pounds . في حين يقاس حجم الماء المستخدم في إذابتها بالبنت Pint ، والكوارت Quart ، والجالون Gallon . ويمكن باستعمال جدول تحويلات (انظر الملحق) لتحويل تركيبة معطاة طبقاً لأحد النظامين ، إلى النظام الآخر . والنظام المترى هو الأبسط في الاستعمال عادة حيث إنه يقوم على مضاعفات العشرة . وهناك أيضاً نظامان لقياس الحرارة — هما النظام المئوي والنظام الفهرنهي . ويستعمل الأخير عامة في المجال الفوتوغرافي بالولايات المتحدة ، أما الأول فيستعمل في الأقطار الأوربية .

ويبدأ التدرج الفهرنهي من درجة ٣٢ حتى درجة ٢١٢ أى من نقطة تجمد الماء إلى نقطة غليانه . أما التدرج المئوي فيبدأ من الصفر حتى مائة درجة أى من نقطة التجمد إلى نقطة الغليان . وحيث إن نسبة التدرجين هي ١٨٠ إلى ١٠٠ أى ٩ إلى ٥ ، فإنه يمكن استعمال معادلة تحويل بسيطة من أحدهما إلى الآخر . وللتحويل من التدرج الفهرنهي إلى المئوي تستعمل المعادلة الآتية :

(ف - ٣٢) $\times \frac{9}{4} = \text{مئوى}$. وللتحويل من المئوى إلى الفهرنهايتى ، تستخدم المعادلة الآتية : (مئوى $\times \frac{9}{4}$) + ٣٢ = فهرنهايتى .



شكل رقم (١٧)

يمكن تحضير أغلب محاليل التشغيل الحديثة بواسطة الكيماويات المعبئة الملائمة

المواد الكيميائية المعبأة

لا شك أن استخدام المواد الكيميائية المعبأة يؤدي إلى تبسيط عملية تحضير المحاليل الفوتوغرافية . وكيفما كان الأمر ، فانه لابد من اتباع تعليمات التحضير بعناية . ويجدها المستهلك مطبوعة على البطاقات الملصوقة على العبوات . والتركيبات المعبأة على صورة مسحوق جاف تتكون أساسا من نفس المواد الكيميائية التى ناقشناها من قبل . وعندما لا تتبع تعليمات التحضير الصحيحة ، فان بعض المكونات قد لا تذوب تماما مما يؤدي إلى تعكر المحلول ، أو تكون غرين (طمى) فيه . وبنفس الكيفية يجب عند استعمال التركيبات المعبئة على هيئة سوائل أن يتم تخفيفها بطريقة صحيحة طبقا للتعليمات حتى يمكن الحصول على نتائج مقنعة .

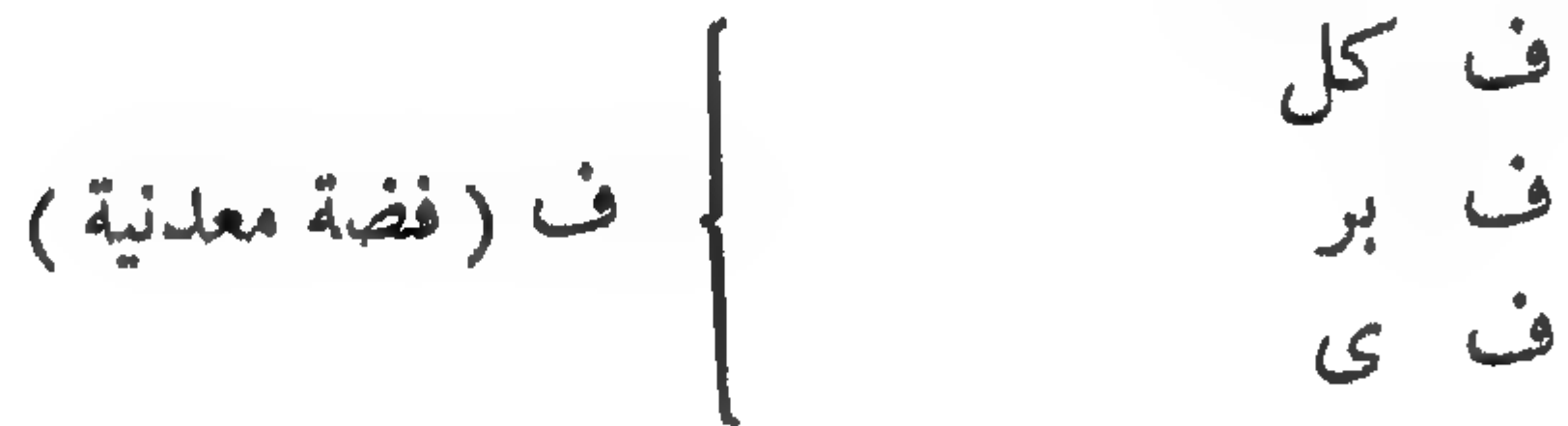
وفى تشغيل المواد الملونة تحدث نفس التفاعلات الأساسية التى تعرفنا عليها فى حالة الأبيض والأسود . ويجب مراعاة نفس الاحتياطات فى تحضير وتداول المحاليل . وعلى كل ، فان التشغيل الملون الكامل أكثر تعقيداً من الأبيض والأسود . وتستخدم فيه مواد كيمياوية إضافية تستوجب قيام تفاعلات إضافية وضرورية بالنسبة لنشوء الصبغات التى تتكون منها الصور الملونة. كما أن بعض عمليات الألوان تستوجب التشغيل العكسى الذى نخصصنا له الباب الثانى عشر . وسوف نناقش العمليات المختلفة للتصوير الفوتوغرافى بالألوان وكذلك تشغيل المواد الملونة فى الباب الثالث عشر .

الباب السابع

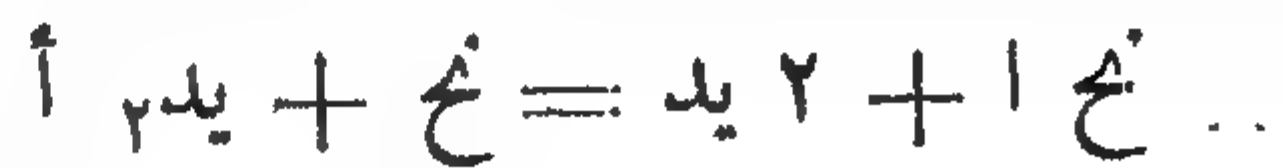
كيمياء عملية الإظهار

الإظهار هو الطريقة المتبعة لتحويل الصورة الكامنة التي تكونت في أثناء التعريض إلى صورة واضحة مرئية باستعمال محاليل خاصة تسمى محاليل الإظهار. والسؤال الآن هو: كيف تتفاعل هذه المواد الكيميائية في محلول الإظهار مع الصورة الكامنة محولة إياها إلى صورة مرئية ؟ ؟

عملية الإظهار في حقيقتها عملية اختزال كيميائي يتم فيها اختزال هاليدات الفضة إلى فضة معدنية . وبعبارة أخرى يقوم محلول الإظهار بتوفير الأسباب للتفاعلات الآتية كى تتم بطريقة ما :



وقد تم تعريف المواد الكيميائية المختزلة منذ سنوات عديدة بأنها مواد ذات قابلية للأكسجين ، وتستطيع إطلاق المعادن من أملاحها . فمثلا إذا سمحنا لغاز الأيدروجين بالمرور خلال أنبوبة ساخنة تحتوى على أكسيد النحاس الأسود فانه سوف يتحد بالأكسجين منتجا الماء . ويتبقى في الأنبوبة النحاس الفلز (أى فلز النحاس) . والمعادلة الآتية تعبر عن هذا التفاعل باللغة الكيميائية وهي تبين استخدام الأيدروجين كعنصر إختزال ومدى شراسته للأكسجين .



وبعد أن تقدم ذلك الفرع من فروع علم الكيمياء المختص بشرح وتفسير التفاعلات الكيميائية ، لوحظ أن هناك عمليات اختزال كيميائية تحدث بدون أن يكون للأيدروجين أو الأكسجين دور فيها . إذ تتم نتيجة حدوث تغير في العلاقات الكهربائية بين الذرات .

ولقد ناقشنا في الباب الخامس عملية التأين على أنها عملية تحلل أو انشطار المادة الكيميائية في المحلول إلى أيونات موجبة وأيونات سالبة ، مثل :



وهذه الأيونات في الحقيقة عبارة عن ذرات الصوديوم والكلور غير المتعادلة من حيث الشحنة الكهربائية . وطبقا للنظرية الذرية الحديثة تحمل جميع الذرات المتعادلة أعداد متساوية من الشحنات الكهربائية الموجبة والسالبة . وحيث إن أيون الصوديوم ذو شحنة موجبة زائدة (أى فائضة) ، فإن ذرة الصوديوم لا بد قد فقدت شحنة سالبة واحدة تسمى بالالكترون . وبهذا يتأكسد الصوديوم . وإذا استطعنا بطريقة ما أن نعاذل الشحنة الموجبة الفائضة الموجودة على الصوديوم بادخال الكيترون واحد إليها ، فإن أيون الصوديوم يختزل ويتحول إلى الصوديوم الفلزى ، أى أن :



وفي أثناء عملية الإظهار الفوتوغرافي تنغمر الحبيبة الفوقوغرافية في محلول الإظهار . وبالرغم من أن هاليدات الفضة شحيحة الذوبان للغاية ، فإن كمية قليلة منها تذوب فعلا وتتأين ، منتجة أيونات الفضة وأيونات الكلور :



وحيث إن الإظهار عملية اختزال كيميائي ، فإنه يمكن تمثيل التفاعل بالمعادلة التالية :

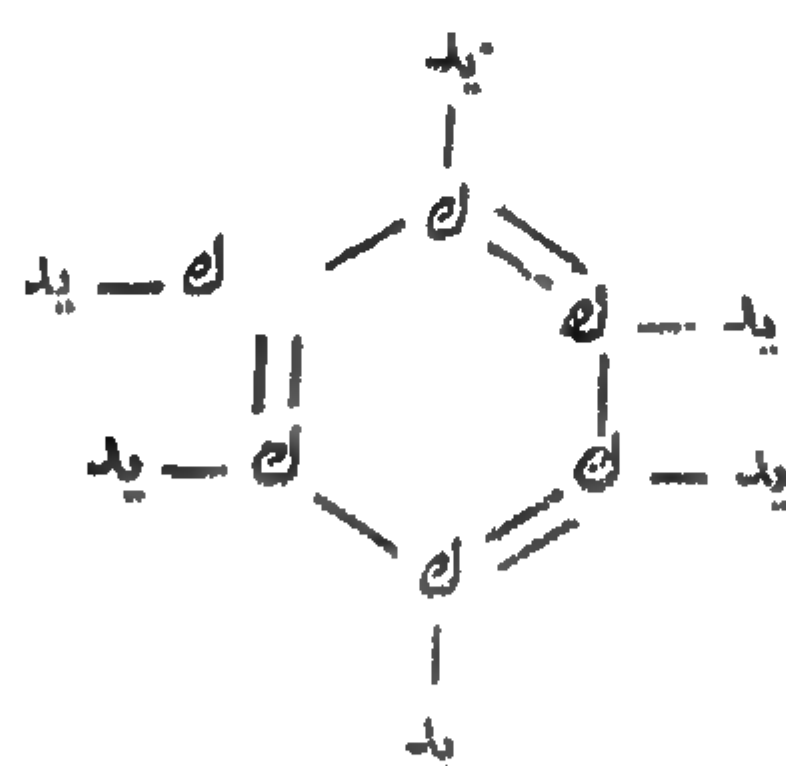


وما إن يبدأ هذا التفاعل حتى يتأين المزيد من هاليدات الفضة التي استقبلت تعريضا ضوئيا ، ويختزل حتى تتحول كل الهاليدات التي تعرضت للضوء

إلى فضة معدنية . وعلى كل ، فانه ليست هناك معادلة واحدة بسيطة يمكن كتابتها لشرح التفاعلات الكيميائية الدقيقة التي تتضمنها عملية الإظهار بواسطة محاليل الإظهار العملية . إذ إن هناك عدة تفاعلات كيميائية متنوعة تتم في نفس الوقت ، مما يجعل من كيمياء الإظهار عملية شديدة التعقيد .

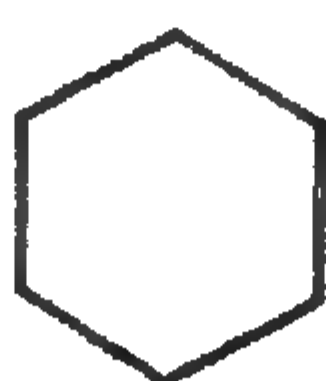
عناصر الاظهار :

وهي عبارة عن مركبات عضوية خاصة لها المقدرة ، وهي بداخل المحلول المظهر ، على إظهار هاليدات الفضة التي تعرضت للضوء بدون أن تؤثر على تلك التي لم تستقبل تعريضا ضوئيا . وهي مواد اختزال تمتد المحلول بالأليكترونات اللازمة ، لاختزال أيونات الفضة المعدنية . وتناسب أكثر مواد الإظهار شيوعا في الاستعمال إلى البنزين ، وذلك من الوجهة الكيميائية . ومعادلة البنزين الكيميائية هي ك_٦يد_٦ . ويتم تمثيل المواد الكيميائية العضوية عادة بمعادلات بنائية تبين الأماكن النسبية التي تشغلها الذرات المكونة للجزيء في الفراغ . ويمثل البنزين بالمعادلة البنائية التالية :



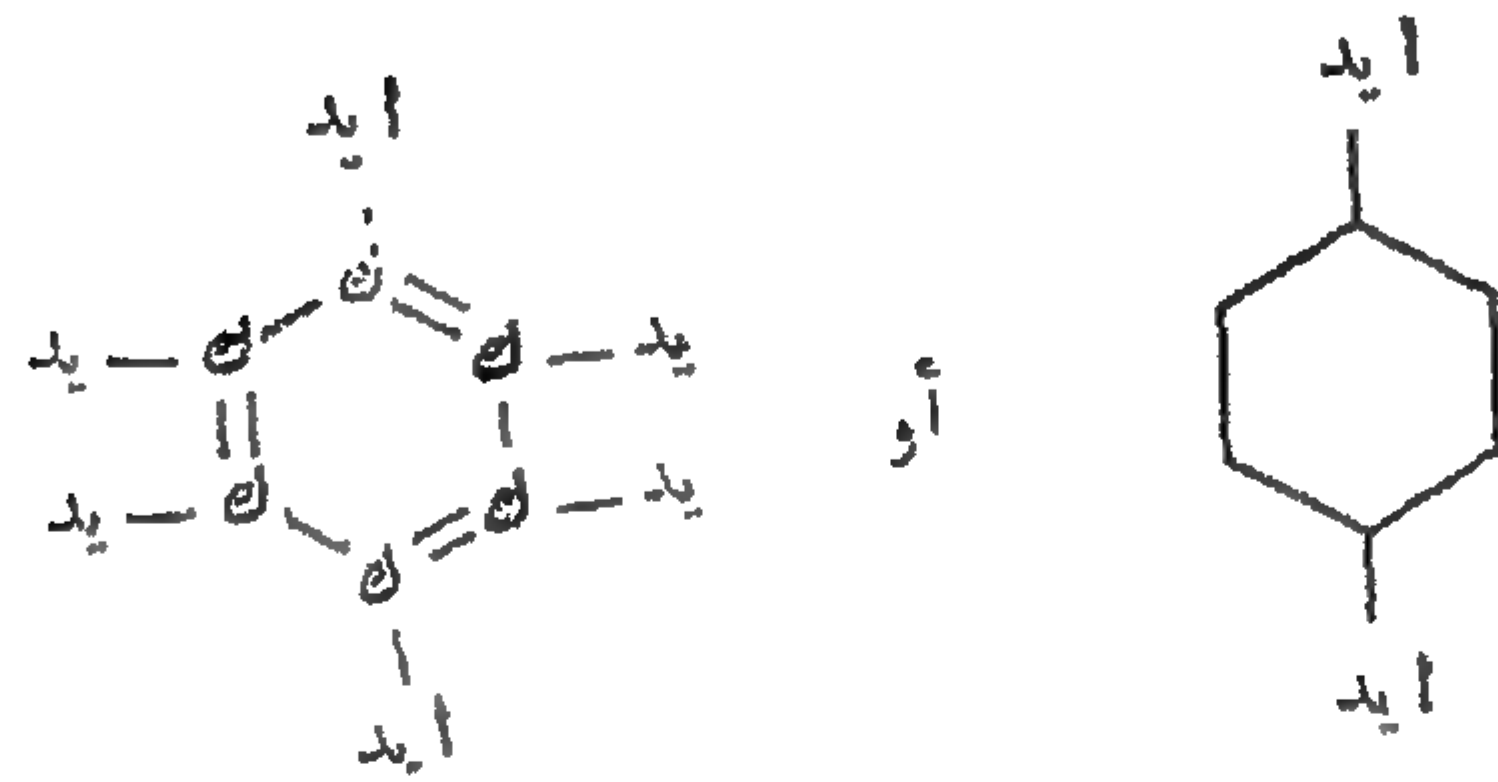
ومنها يتضح تواجد ست ذرات كربون في حلقة مقفولة . وتتصل كل ذرة منها بذرة أيدروجين واحدة .

ويعتبر هذا الترتيب بالذات ذو ذرات الكربون الستة وحدة أساسية في عدد كبير جدا من المركبات ، ولهذا فانه يمثل عامة بالرمز البسيط التالي :

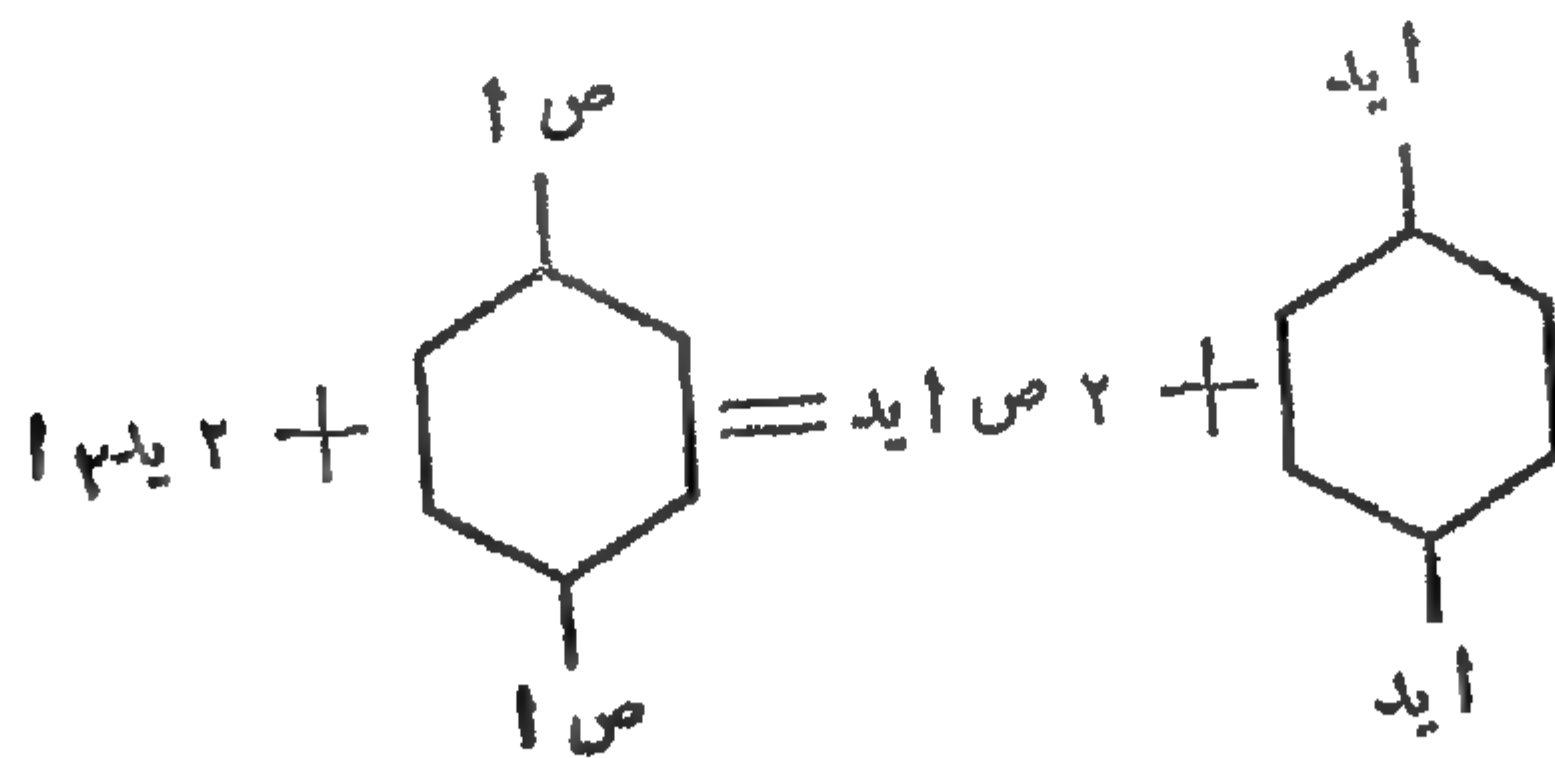


وتمثل كل زاوية من زوايا الشكل السداسي إحدى ذرات الكربون الستة، وذرة الأيدروجين المتصلة بها .

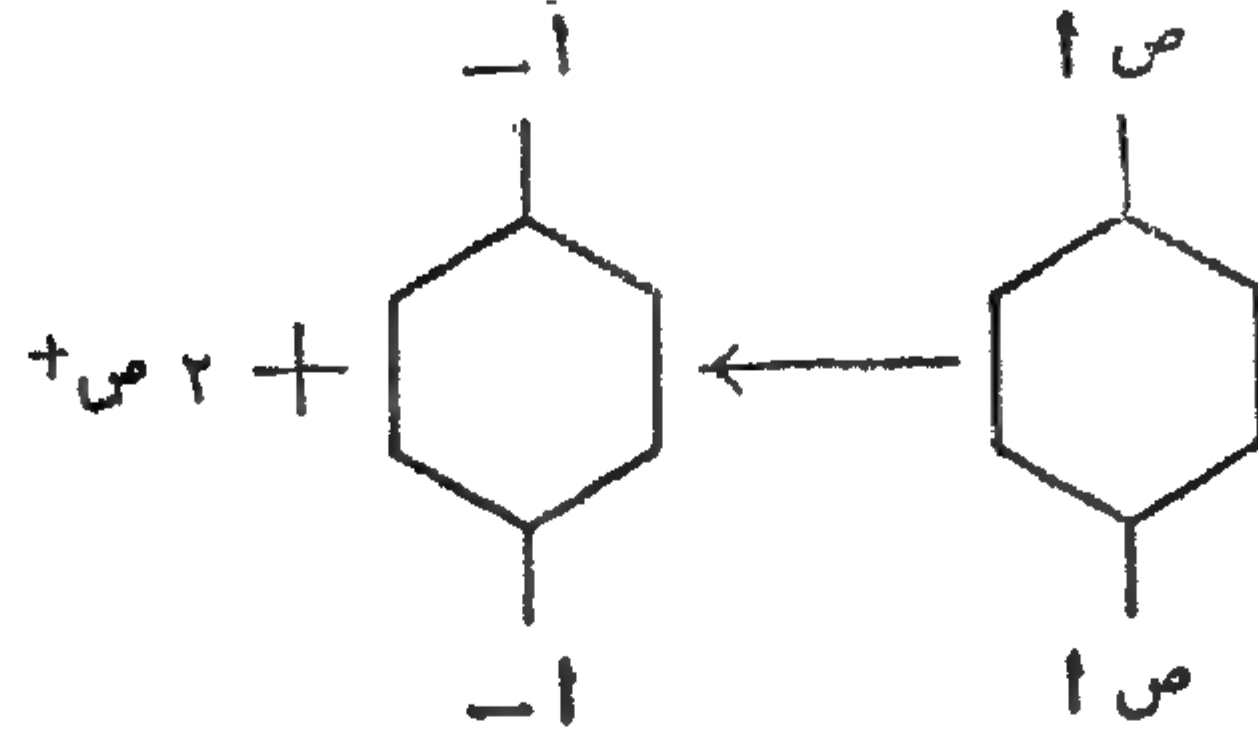
ويمكن—بالتفاعلات الكيميائية—إحلال مجموعات صغيرة أو كبيرة من الذرات محل ذرة واحدة أو أكثر من ذرات الأيدروجين. ومن ثم يمكن تمثيل الهيدروكينون بإحدى الصيغتين البنائيتين التاليتين :



ويتضح لنا من قراءة الرمز المبسط السابق أن مجموعتي (ايد) قد حللتا محل ذرتي أيدروجين ، ولكن ذرات الأيدروجين الأربعة الأخرى قد ظلت في مكانها عند الزوايا الأربعة المنبسطة. وتسمى مجموعتا (ايد) اللتان قد حللتا محل اثنتين من ذرات الأيدروجين الستة بمجموعتي الأيدروكسيل . ومن عناصر الإظهار الشائعة الأخرى الميتول * ، والبارا أمينوفينول Para-amino phenol ، والبارا فينيلين ديامين Para Phenylene diamine . ولا تقوم مواد الإظهار العضوية بمفردها بإظهار الصورة . إذ لا بد من إضافة مادة منشطة لتهيء مادة الإظهار بحيث تجعلها قادرة على إظهار هاليدات الفضة التي قد تعرضت للضوء . وإذا أخذنا الهيدروكينون كمثال ، فإننا نستطيع تمثيل تأثير المنشط — وهو مادة قلوية — بإداة التالية :



ويتفاعل أيدروكسيد الصوديوم مع الهيدروكينون مكونا الملح الصوديوم له
(أى لمادة الإظهار) . وإذا تواجد هذا الملح فى محلول مائى، فإنه يتأين، أو يتفكك
على نفس المنوال الذى يتأين به كلوريد الصوديوم (ملح الطعام) .



وتحمل الذرة السالبة شحنتين فائضتين، أى يزيد عدد الأليكترونات عن عدد
الشحنات الموجبة الموجودة فى النواة، وبذلك تتحول الذرة إلى أيون سالب . وإذا
حصل أيون الفضة الموجب الناتج عن تحلل هاليد الفضة على هذين الأليكترونين
يحدث التفاعل الآتى :



وهو يمثل اختزال أيونات الفضة إلى الفضة المعدنية . ويجب أن نتذكر أن ذلك
التفاعل يمثل النتيجة النهائية لعدة تفاعلات كيميائية . ولكنه يمدنا بفكرة ما عن
كيفية تكون الصورة فى المحلول المظهر .

المواد المنشطة :

القلويات التالية هى أكثر المواد الكيماوية شيوعاً فى الاستعمال كمواد منشطة فى محاليل
الإظهار الفوتوغرافية :

ص ١ يد	ايدروكسيد الصوديوم
ص ٣ ك ٣	كربونات الصوديوم
	قلوى كوداك المتعادل

البوراكس

وهى مرتبة بحسب تناقص نشاطها ، أى أن محاليل الإظهار المحتوية على
أيدروكسيد الصوديوم تعتبر أكثر نشاطاً من تلك المحتوية على البوراكس . وفى

محاليل الإظهار الشديدة النشاط ، تنشأ على الفيلم كمية معينة من الفضة المعدنية (وهى المادة التى تتكون منها الصورة) فى فترة زمنية أقل بكثير من تلك التى تنقضى لنشوء نفس الكمية فى محلول إظهار منخفض النشاط .

ويتم التحكم فى نشاط محاليل الإظهار إلى حد كبير بواسطة درجات قلويتها . وهى تتوقف بالذات على نوع القلوى المستخدم ، وعلى كميته . وتستخدم قيم الأس الأيدروجينى للتعبير عن درجات القلوية النسبية لمحاليل الإظهار . وكذلك تتأثر قيمة الأس الأيدروجينى ببقية المواد الكيميائية الداخلة فى تكوين المظهر . ولكن العامل الأساسى الذى يحدد قيمتها هو الصفات المميزة للمادة القلوية المستخدمة . وقد نسأل الآن : ما الذى نعبه بالأس الأيدروجينى للمحلول ؟

الأس الأيدروجينى :

أدى اثنان من التطورات الهامة فى الأيام المبكرة لعلم الكيمياء إلى إدخال نظرية الأس الأيدروجينى . فقد كان التعرف على الأحماض والقلويات يعتمد على حقيقة أن الأحماض تحيل ورقة عباد الشمس * إلى اللون الأحمر ، فى حين تحيلها القلويات إلى اللون الأزرق . وقد اكتشف أيضاً أن الأحماض والقلويات والأملاح تتأين أو تتفكك فى المحاليل المائية إلى أيونات موجبة الشحنة ، وأيونات سالبة الشحنة . فالأحماض ، كحامض الأيدروكلوريك مثلاً ، تعطى أيونات الأيدورجين ، وهى تحمل شحنة موجبة واحدة ، فمثلاً :



وتعطى القواعد — مثل أيدروكسيد الصوديوم — أيونات الأيدروكسيل ، وهى تحمل شحنة سالبة واحدة ، فمثلاً



واستنتج الكيميائيون أن التغيرات فى لون ورق عباد الشمس ترجع إلى أيونات الأيدورجين والأيدروكسيل التى تنشأ فى المحلول . وبالرغم من أن أوراق

* عباد الشمس ورقة امتصاصية محملة فى داخلها بمركبات عضوية معينة قادرة على تغيير لونها فى المحاليل الحامضية والقاعدية . (المؤلف)

عباد الشمس قادرة على أن تبين مدى زيادة أو نقص أيونات الأيدروجين عن أيونات الأيدروكسيل الموجودة بالمحلول، فإن الحاجة ما لبثت أن ألحت إلى إيجاد طريقة لتقدير كمية أيونات الأيدروجين، أى مقدار تركيزها . وكذلك تركيز أيون الأيدروكسيل .

ويمكن التعبير عن الماء العادى بالرموز الكيميائية كما يلى : (يد ايد) ، فهو يحتوى على كل من أيون الأيدروجين وأيون الأيدروكسيل بتركيز متساو ٠٠٠ أى أن :

$$\text{يد ايد} \leftarrow \text{يد}^+ + (\text{ايد})^-$$

ولكن الماء لا يتأين بسهولة مثل الأحماض والقواعد والأملاح .

والماء النقى ضعيف جداً فى توصيل الكهرباء، مما يدل أن معدل تفككه أو تأينه طفيف إلى درجة أنه يمكن إهماله . ولكننا نستطيع استغلال تلك الحقيقة (أى التأين البطيء للماء) كأسس لتقدير درجة حامضية المحاليل المائية ودرجة قلويتها . ويمكن تنفيذ ذلك باستغلال علاقة قد اكتشف قيامها بين تركيز أيونات الهيدروجين وأيونات الأيدروكسيل . إذ إن حاصل الضرب الذى نحصل عليه بضرب القيم العددية لكلا المقدارين فى بعضهما يبقى ثابتاً ، ويمكن التعبير عنه بالمعادلة الآتية :

$$(\text{يد})^+ \times (\text{ايد})^- = K$$

ويعنى هذا أن حاصل ضرب التركيزين ثابت دائماً فى أى محلول مائى ، وأنه يمكن حساب تركيز أحد الأيونين من هذه العلاقة إذا ما عرفنا تركيز الأيون الآخر عن طريق التحليل الكيميائى . وفى الماء النقى مثلاً ، يتساوى تركيز أيون الأيدروكسيل مع تركيز أيون الأيدروجين ، وكلاهما يساوى واحداً من عشرة مليون عند التعبير عنه بوحدات الجرام الجزيئى فى اللتر .

ومن ثم فإن قيمة الثابت K هى :

$$1 \times 10^{-7} = 1 \times 10^{-7}$$

وإذا كان تركيز أيون الأيدروجين فى محلول حامض ضعيف يساوى 1×10^{-4} فإن تركيز أيون الأيدروكسيل سوف يكون 1×10^{-4} فى حين ما إذا كان تركيز أيون الأيدروكسيل فى محلول قلوئى متوسط النشاط يساوى 1×10^{-4} فإن تركيز

أيون الأيدروجين سوف يكون 10^{-7} وحاصل ضرب التركيزين في جميع الحالات هو 10^{-14} وهو يسمى ثابت تحلل الماء .

ومن الواضح أن قراءة أو كتابة أرقام مثل هذه تعتبر مسألة صعبة . ولكنها تكتب في أحيان كثيرة - من أجل التسهيل - كمعاملات لقوى مناسبة للرقم عشرة . ويمكن إدراك ذلك بالنظر إلى الأرقام الواردة في الجدول التالي ، وإلى التمثيل المبسط لها بالصيغة الأسية :

100	$=$	10×10
10	$=$	10×1
1	$=$	1×1
0.1	$=$	$10^{-1} \times 1$
0.01	$=$	$10^{-2} \times 1$
0.001	$=$	$10^{-3} \times 1$
0.0001	$=$	$10^{-4} \times 1$
0.00001	$=$	$10^{-5} \times 1$
0.000001	$=$	$10^{-6} \times 1$
0.0000001	$=$	$10^{-7} \times 1$

وبناء عليه فإن قيمة الثابت ك التي قررناها من قبل أي 10^{-14} يمكن كتابتها كما يلي 10^{-14} . وكذلك يمكن التعبير عن العلاقة بين أيون الأيدروجين وأيون الأيدروكسيل في الماء النقي كما يلي :

$$[H^+] \times [OH^-] = 10^{-14}$$

ومن الممكن افتراض أن الماء النقي متعادل . ومن ثم تحتوى جميع المحاليل المتعادلة على أيون الأيدروجين بنفس التركيز الذي يتواجد به في الماء ، أي 10^{-7} . وتركيز أيون الأيدروجين في المحلول الحامضي أعلى من تركيز أيون الأيدروكسيل : وقد تصل قيمته الفعلية في محلول فائق الحامضية إلى حوالي 10^{-1} . وفي الناحية الأخرى ، يتناقص تركيز أيون الأيدروجين في المحاليل القلوية بالنسبة إلى تركيزه في الماء النقي . وقد تصل قيمته إلى حوالي 10^{-14} . وحينئذ يصبح المحلول شديد

القلوية للغاية . ويمكن استغلال نقص تركيز أيون الأيدروجين كوسيلة للتعبير عن الزيادة في تركيز أيونات الأيدروكسيل .

ولقد وجد في التطبيق العملي ، أن تقدير تركيز أيون الأيدروجين هو الأكثر كفاية ، بصرف النظر عما إذا كان المحلول حامضياً أو متعادلاً أو قلوياً .

ولكنه كان من الضروري تبسيط طريقة صباغة تركيز أيون الأيدروجين قبل أن يتم قبوله على الاتساع .

ولقد أجرى سورنسون Sorenson أول تبسيط في هذا الشأن عندما اقترح استعمال القيم الأسية Exponents فقط ، دون إشارتها السالبة . فمثلاً (1×10^{-14}) يمكن كتابتها ١٤ . وسمى هذه الأرقام بقيم الأس الأيدروجيني . ونتيجة لهذا خرج مقياس الأس الأيدروجيني التالي إلى الوجود .

الأس الأيدروجيني

١٤	}	قلوية
١٣		
١٢		
١١		
١٠		
٩		
٨	}	متعادل
٧		
٦	}	حامضية
٥		
٤		
٣		
٢		
١		

وبفضل هذا التدريب أصبح في الإمكان استخدام الأجهزة المناسبة — مثل جهاز قياس الأس الأيدروجيني — في تقدير عدد مرات تجاوز حامضية أو قلوية المحلول لحامضية أو قلوية الماء النقي . وحيث إن مقياس الأس الأيدروجيني يتألف من القيم الأسية المستخدمة في التعبير عن تركيز أيون الأيدروجين ، فإن القيم الحقيقية لتركيز أيون الأيدروجين الممثلة بالأرقام المتتالية على المقياس تنتسب إلى بعضها البعض بمعامل قدره عشرة . فمثلا في المدى الحامضي ، يزداد تركيز الحامض كلما أصبحت قيمة الأس الأيدروجيني أقل . ويحتوي المحلول عند أس أيدروجيني قيمته (٥) على قدر من أيونات الأيدروجين الحرة أكبر بمقدار عشر مرات من تلك التي يحتوي عليها عند أس أيدروجيني قيمته (٦) . في حين يحتوي محلول عند أس أيدروجيني قيمته (٤) على قدر من أيونات الأيدروجين الحرة أكبر بمقدار مائة مرة من تلك التي يحتوي عليها عند أس أيدروجيني مقداره ستة . وبنفس الطريقة يحتوي محلول عند أس أيدروجيني قيمته عشرة على قدر من أيونات الأيدروكسيل أكبر بمقدار مائة مرة من تلك التي يحتوي عليها عند أس أيدروجيني قيمته (٨) وهكذا .

وكما قررنا من قبل يقوم القلوى الموجود في محلول الإظهار بالتحكم في نشاطه أى في المعدل الذي يتم به إظهار الصورة الفضية . وينتمى هذا التأثير أساساً إلى قيمة الأس الأيدروجيني التي نتجت في محلول الإظهار . وتصل قيمة الأس الأيدروجيني لمحاليل الإظهار المحتوية على أيدروكسيد الصوديوم كمادة منشطة ، إلى اثنتي عشرة وهي محاليل نشيطة للغاية . أما تلك المحتوية على كربونات الصوديوم كمادة منشطة فتصل قيمة الأس الأيدروجيني المميزة لها إلى حوالي ١٠,٢ ، وهي محاليل على درجة كافية من النشاط . أما تلك المحتوية على قلوى كوداك المتوازن فلها قيمة أس أيدروجيني تتراوح فيما بين ٩,٨ ، ١٠ ، وهي محاليل متوسطة النشاط . وتتراوح قيمة الأس الأيدروجيني لتلك المحاليل المحتوية على البوراكس فيما بين ٨ و ٩ وهي بالتالي ذات نشاط منخفض ، وتحتاج إلى زمن تخميض طويل .

وتنتج الكثير من المواد التي تتأين في المحاليل تأثيراً بافارياً (أى تأثيراً منظماً للأسس الأيدروجيني) ، مما يعني أنها تميل إلى مقاومة حدوث أى تغيير في الأس الأيدروجيني للمحلول . وبناء عليه يمكن إضافة كميات كبيرة من القلوى أو الحامض إلى المحلول المحتوى على مادة بافارياً Buffered Solution — أى يمكن

مخفيف المحلول - مع حدوث مجرد تغير بسيط جدا في قيمة الأس الأيدروجيني . ويتم اختيار المواد القلوية المستعملة في محاليل الإظهار الفوتوغرافية لتمد هذه المحاليل بالتأثير البافارى (أى بالتأثير المنظم للأس الأيدروجيني) عند مستويات الأس الأيدروجيني المطلوب توافرها . ومن الضروري أن يحتفظ محلول الإظهار بصفاته المميزة طوال تشغيل كمية كبيرة من المواد الفوتوغرافية المعرضة الضوء به ، وإلا فإنه يصبح بغير ذى فائدة عملية .



الشكل رقم (١٨)

هاتين الصورتان قد استقبلتا نفس التعريض الضوئى، ثم تم إظهارهما على نفس زمن الإظهار في محلولين من نوع كوداك د - ٧٦ مع فارق واحد ، هو أن الصورة التى إلى اليسار قد عولجت في محلول قيمة أسه الأيدروجيني ٨,٦ . بينما عولجت تلك التى إلى اليمين في محلول قيمة أسه الأيدروجيني ٩,٥ . ويلاحظ أن المحلول الأكثر نشاطاً قد أنتج زيادة في الكثافة والتباين

المادة الحافظة :

يكتسب الماء لونا بنيا عند إذابة مادة الإظهار فيه بسبب تفكك (أو تحلل) الأخيرة بتأثير الهواء (التأكسد) ، وعندما تضاف المادة القلوية إلى المحلول يزداد معدل التفكك. ولهذا تضاف إلى محاليل الإظهار مادة حافظة - هى سلفيت الصوديوم عادة - لمنع هذا التأكسد ، وبالتالي تحافظ على المحاليل راتقة .

ويتفاعل سلفيت الصوديوم مع نتائج تأكسد مادة الإظهار بنفس السرعة التى تتكون بها الأخيرة . وإذا أخذنا الهيدروكينون كمثال لمواد الإظهار ، فإننا نستطيع كتابة التفاعلات التى تتم كما يلي :

يتكون الكينون عند ما تتم إزالة الأليكترونات من أيون مادة الإظهار السالب الشحنة .



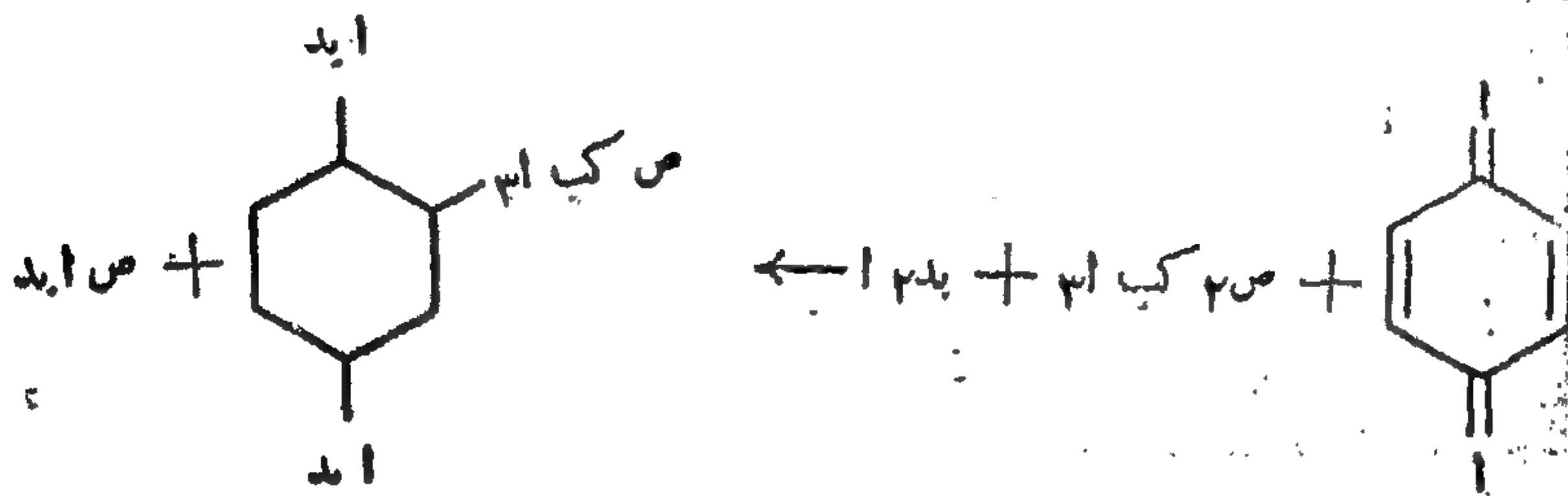
الكينون

← ٢ إلكترون



أيون الهيدروكينون

ويتفاعل الكينون مع سلفيت الصوديوم في وجود الماء ليكون سلفونات الملح الصوديومي للهيدروكينون Sodium Hydroquinone Sulphonate - وهي عديمة اللون - بالإضافة إلى أيدروكسيد الصوديوم .



ويعتبر هذا تمثيلا مبسطا جدا لما يحدث حقيقة ، إذ قد تتكون مواد عضوية أخرى في أثناء تأكسد مادة الإظهار . وتختلف هذه المواد باختلاف مادة الإظهار . ولا تؤدي أملاح السلفيت الناتجة دورا في عملية الإظهار عامة ، ولكن بعض هذه الأملاح يعتبر مواد إظهار ضعيفة ، وبالتالي تساهم بدور في عملية الإظهار التالية . ويستمد سلفيت الصوديوم تأثيره الحافظ من قدرته على حماية مادة الإظهار في المحلول القلوي من مهاجمة أكسجين الهواء الجوى له . وإذا سمحنا للكينون مثلا بالنشوء في محلول الإظهار فإنه سوف يسرع من معدل التأكسد . وتسمى المادة الكيميائية التي تزيد من سرعة التفاعل بالعامل المساعد . وتمنع السلفيت تراكم ذلك العامل المساعد .

المادة المثبتة :

يستعمل بروميد البوتاسيوم عامة في محاليل الإظهار لمنع تكون الضباب الكيميائي وهو عبارة عن فضة تنتج بفعل المحلول المظهر على هاليدات الفضة التي لم تستقبل تعريضا ضوئيا . وكذلك يساعد البروميد في توفير إظهار أكثر تجانسا . وبالرغم

من أن إضافة بروميد البوتاسيوم إلى محلول الإظهار الفوتوغرافي قد يؤثر على معدل إظهار الصورة فإنه في العادة ينقص من معدل تكون الضباب بدرجة أكبر من إنقاصه لمعدل الإظهار . ويؤدي ذلك إلى توفير إظهار أكثر كفاية . والتأثير الكيميائي لبروميد البوتاسيوم معقد تماما ولا يمكن شرحه بإفازة بدون الدراسة المسهبة للنظريات التي تم فرضها لتفسير الإظهار الفوتوغرافي . ولكنه يمكننا أن نرسم صورة تقريبية للطريق الذي يسلكه التفاعل عامة كما يلي . عندما توضع المادة الفوتوغرافية في محلول الإظهار تتكون أيونات البروميد في المحلول كنتيجة لتأين أوتفكك بروميد البوتاسيوم في محلول الإظهار .

ويتم ادمصاص هذه الأيونات — أي تلك التي تكون مرتبطة مع بعضها بطريقة ما — إلى أسطح بلورات هاليدات الفضة . ويساعد وجود أيونات البروميد هذه (بر) على أسطح البلورات إلى منع المحلول المظهر من مهاجمة هاليدات الفضة التي لم تستقبل تعريضا ضوئيا . ومن ثم تساعد على الحد من تكون الضباب .

الباب الثامن

كيمياء الإظهار بالألوان

عند ما يتم اختزال هاليدات الفضة التي تعرضت للضوء إلى الفضة المعدنية أثناء تفاعل الإظهار ، تتأكسد مادة إظهار الألوان . وتتميز المركبات الناتجة عن هذا التأكسد بدرجة كبيرة من النشاط تجعل من الممكن استغلالها في إنتاج الصور الملونة .

لوحظ منذ وقت مبكر ، في حوالي ١٨٧٩ أن بعض مواد الإظهار تنتج على العجائن الفوتوغرافية صوراً جيلاينية متصلبة في أثناء معالجة هذه العجائن في المحاليل لإظهار الصورة الكامنة . وتتطابق الصورة التي تنتج على الجيلاتين مع الصورة الفضية التي يجرى إظهارها ، كما أن كثافة طبقة الجيلاتين التي تكتسب الصلابة تتناسب مع كمية الفضة التي يتم إظهارها . أما الجيلاتين الذي لم يتصلب في المناطق الخالية من الصورة فيمكن إزالته بسهولة بصهره في ماء دافئ وتصل درجة حرارته إلى حوالي ١٢٠°ف والناتجة هي الحصول على صورة جيلاينية متضرسة—gelatin relief image وتسمى هذه العملية باسم الإظهار الدابغ Tanning Development . وهي عملية هامة جداً في بعض عمليات الطبع بالألوان. وقد وجد أنه من الممكن—باستعمال العجائن الفوتوغرافية المناسبة—تكوين الصورة الجيلاتينية (أي التي تظهر على الجيلاتين) بحيث تتطابق تماماً مع الصورة الفضية : وعلى كل فالمطلوب هو محاليل إظهار خاصة تحتوي على مادة إظهار ، وقلوى شديد ، وكمية قليلة فقط من سلفيت الصوديوم . وفي محاليل الإظهار الأبيض والأسود العادية مثل المحلول المظهر المسمى كوداك رقم د-٧٢ (Kodak Developer D—72) يستعمل قلوى متوسط النشاط مثل كربونات الصوديوم

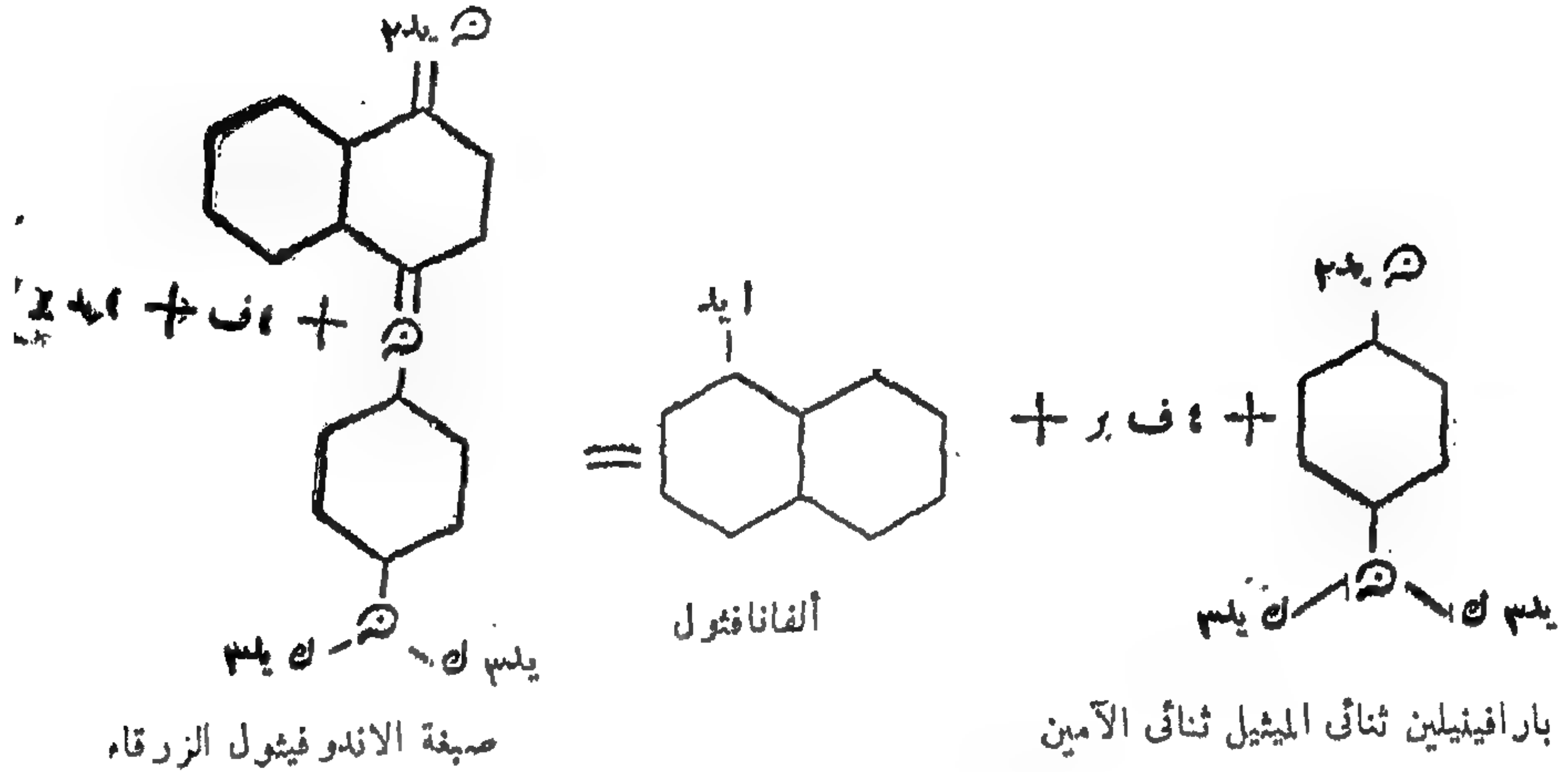
مع كمية كبيرة من سلفيت الصوديوم كمادة حافظة لتتحد مع المواد الحاملة التي تنتج في أثناء تفاعل الإظهار . أما في الإظهار الدابغ فان نتائج التأكسد يجب أن تبقى مطلقة السراح (أى تمنع من الدخول في أى تفاعل جانبي) كي تتفاعل مع الجيلاتين. ومن ثم فانه يجب عدم استعمال السلفيت ، أو استعماله بكميات صغيرة جدا . وتستعمل المادة القلوية النشطة جدا لتمدد المحاليل بقيم عالية للأس الأيدروجيني لزيادة سرعة تأكسد مادة الإظهار ، وزيادة التأثير المكسب للصلاية Hardening Action . وتستطيع الصورة الجيلاتينية المتضرسة أن تمتص الصبغة من محلول ما بقدر يتناسب مع كثافة الجيلاتين الموجود بها . ويمكن نقل الصبغة التي تم امتصاصها إلى مادة خاصة مستقبلية بوضع السطح المتضرس في التصاق وثيق مع السطح المستقبل . وهذا هو أساس عملية كوداك لنقل الصبغة Kodak Dye Transfere Process المستخدمة في عمل الطباعات الملونة على الورق .

محاليل اظهار الألوان :

يمكن الاستفادة من المواد المتأكسدة المتخلفة عن تفاعل الإظهار الأساسي بعدة طرق . فهي فمثلا تستطيع تحت ظروف خاصة أن تتحد مع مركبات عضوية معينة لتنتج صبغات ملونة .

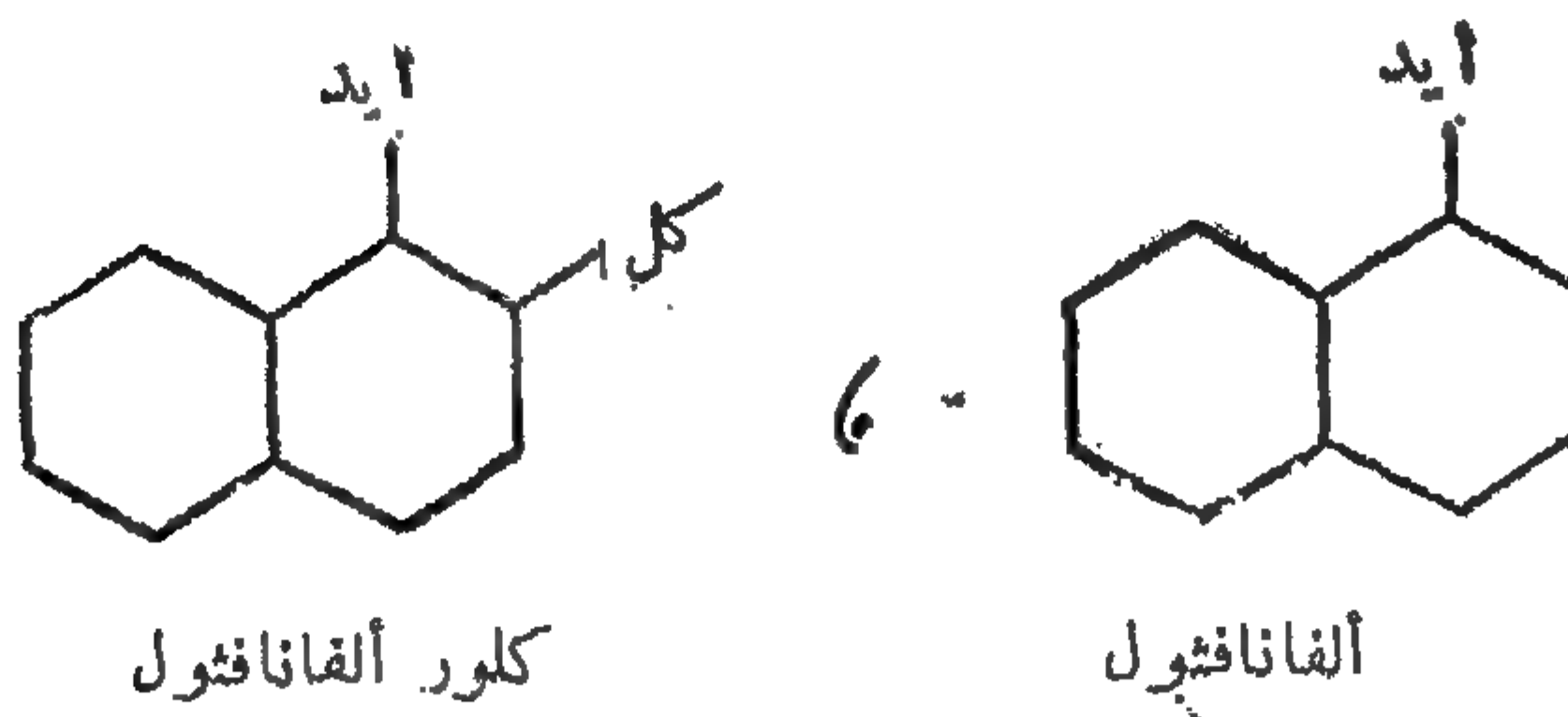
وتتكون الصبغات كنتيجة لتفاعل يتم فيه اقتران نتائج تأكسد مادة الإظهار مع مواد خاصة لتكوين الصبغات تسمى المقرنات Couplers ، وتضاف هذه المواد إلى النظام المستخدم . ولحسن الحظ أنه يمكن تبسيط الطرق العملية للإظهار بالألوان باستعمال مادة إظهار واحدة مع مقرنات ألوان مختلفة لتكوين صبغات بالألوان المختلفة المطلوبة . ويعتمد لون الصبغة التي تتكون في أثناء إظهار الألوان على البناء الكيميائي لمقرن اللون . ويكفي في هذه المناقشة أن نقرر أن جزءا من جزيء Molecule مقرن اللون هو الذي يكون اللون ، وهو كذلك الذي يحدد لون الصبغة الناتجة ، بينما يؤثر الجزء الباقي من الجزيء على ذوبان مقرن اللون ، وعلى قدرته على الانتشار داخل طبقة العجينة الفوتوغرافية ، أى قدرته على تخللها . وكلتا المادتين—أى مقرن اللون ومادة الإظهار—تؤثران على ذوبان الصبغة المتكونة ، وعلى

ثباتها . و يمكن توضيح هذا التفاعل باستعمال ثنائي ميثيل البارافينيلين الثنائي الأمين . Dimethyl-Para-Phenylene Diamine كمادة إظهار ، ومادة الألفا نافثول كقرن للون الأزرق .



اختبار مقرنات الألوان :

في أي مجموعة من مقرنات الصبغات، مثل تلك التي تنتج الصبغات الزرقاء أو الزرقاء المخضرة (السيان)، يمكن أن تؤدي التغيرات البسيطة في بناء جزيء مقرن اللون إلى حدوث تغيير في اللون. فمثلاً إذا أضفنا الكلور إلى جزيء مقرن الألفا نافثول، فإن المادة الناتجة تعطي لونا أزرق مختلفا - عن اللون الأزرق الذي حصلنا عليه في التفاعل الممثل بالمعادلة السابقة - عندما تتفاعل مع ناتج تأكسد مادة الإظهار. ويمكن تمثيل هذين المقرنين بالمعادلتين التاليتين .



ويتوقف امتصاص محاليل الصبغات لأطوال موجات الضوء المختلفة على لون الصبغة . ويتخذ قياس هذا الامتصاص كيان للفروق في ألوان الصبغات . ويقع

الحد الأقصى لامتناس الصبغات المكونة للصور على الأفلام الملونة التي تحتوي على مقرني الألوان : الألفاناثول والكلورو الفاناثول ، عند أطوال الموجات ٦٣٠ ملليميرون ٦٥٤ ملليميرون على الترتيب . ومن الممكن نظريا أن ننتج أي لون نرغب فيه عن طريق الاختيار السليم لمقرن اللون . وهذه حقيقة هامة جدا في التصوير الفوتوغرافي بالألوان لأنها تجعل من الممكن انتخاب أفضل مجموعات الصبغات الصفراء والمagenta والسيان اللازمة لإنتاج صور جيدة الألوان .

وفي عمليات الإظهار بالألوان ، تتكون الفضة (في عجينة فوتوغرافية معينة) بكمية تتناسب مع التعريض الذي قد استقبلته هاليدات الفضة . وفي نفس الوقت تتفاعل نتائج تأكسد مادة إظهار الألوان مع مقرن اللون منتجة صورة ملونة تحمل علاقة تناسبية بينها وبين الصورة الفضية . ومن ثم يؤدي إظهار الألوان إلى الحصول على صورتين إحداهما من الفضة والثانية من الصبغات . وتناسب كميتا الفضة والصبغة في صورتين مع التعريض الضوئي الأصلي الذي قد استقبلته العجينة الفوتوغرافية التي نشأت عليها الصورة .

وبذلك تشتمل الشروط الضرورية اللازم توافرها لقيام نظام عملي للإظهار بالألوان على : تكوين صبغة غير قابلة للذوبان وقادرة على البقاء على الفيلم ، اختيار مقرنات الألوان اللازمة لإنتاج اللون المناسب ، صبغات على درجة كافية من الثبات لمقاومة الخفوت أو الهتان بمرور الوقت ، مواد إظهار ليست ذات نفوذ سام فوى ولقد وزرت الأبحاث مركبات تفي بهذه المستلزمات بدرجة تناسب جميع الأغراض العملية . وتنقسم عمليات الإظهار بالألوان عادة إلى نوعين ، يتميزان عن بعضهما البعض من حيث استخدام مقرنات الألوان ، وهما :

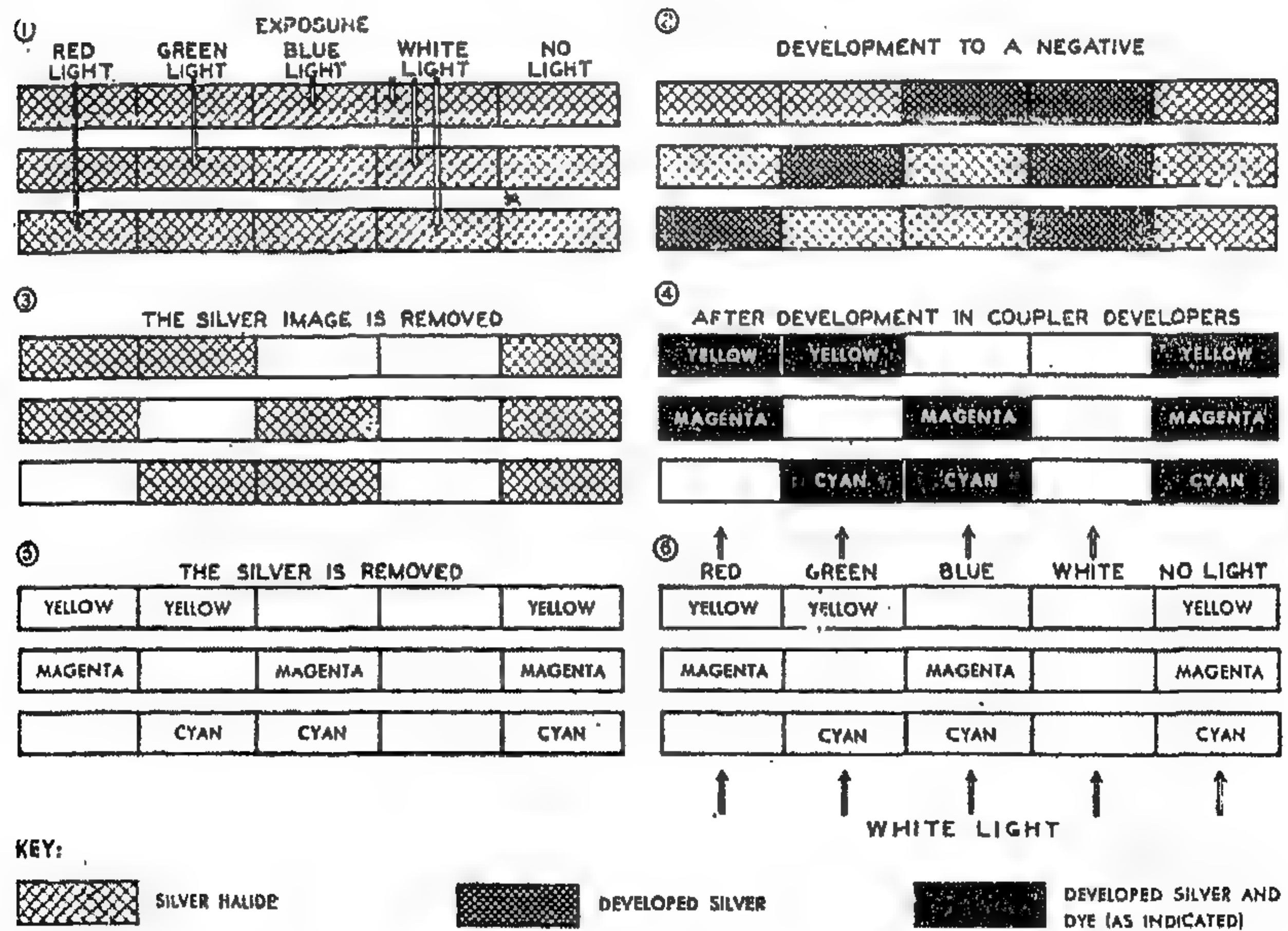
(أ) العمليات التي تستوجب إضافة مقرنات الألوان إلى محاليل إظهار الألوان .

(ب) العمليات التي تقتضى غرس مكونات الألوان بين ثنايا طبقات العجينة الفوتوغرافية . وعملية الكوداكروم هي أولى العمليات العكسية الثلاثية الألوان والمقرنة للصبغات التي حققت نجاحا تجارياً . وهي تتألف أساساً من ثلاث طبقات منفصلة من العجينة الفوتوغرافية . وتحتوي جميعها على هاليدات الفضة ، ولكن كل طبقة قد عولجت

لا كسابها حساسية مختلفة تجعلها أثناء التعريض قادرة على الاستجابة لجزء معين من الحزمة الضوئية المرئية . وتنشأ كل صبغة من هذه الصبغات الثلاث ذات الألوان المكملية — أى ذات الألوان الصفراء والماجنتا والسيان — فى الطبقة المخصصة لها نتيجة لمعالجة الفيلم فى ثلاثة محاليل إظهار امتتالية ، يمر فيها على التوالى ، ويحتوى كل منها على مادة الإظهار ومقرن للون المناسبين . ويعنى هذا أن التفاعلات الكيميائية الخاصة بكل محلول من محاليل إظهار الألوان يجب أن تقتصر على طبقة واحدة فقط .

ولكن الأبحاث العلمية قد أثبتت إمكانية غرس مكونات الألوان المناسبة فى كل طبقة من طبقات المستحلب الفوتوغرافى ، أثناء تصنيع المواد الفوتوغرافية، وقد أدى هذا إلى تبسيط عمليات التشغيل . ولقد أصبحت جزئيات مقرن اللون أكبر وأكثر تعقيدا بحيث لا تستطيع أن تغادر الموضع المحدد لها فى طبقة المستحلب . ولكن مقدرتها على التفاعل مع نواتج تأكسد مادة إظهار الألوان بقيت كما هى ولم تمس . والفيلم كوداك اكتاكروم أحد المواد الفوتوغرافية الملونة التى تنتمى إلى هذا النوع . وعدد خطوات عملية تشغيل هذا الفيلم أقل من تلك التى تشتمل عليها عملية تشغيل

خطوات عملية تشغيل الفيلم الكوداكروم



شكل رقم (١٨)
عملية الكوداكروم

الكوداكروم ، لأن الأول يحتاج إلى مادة إظهار ألوان واحدة فقط . وتفاعل مادة الإظهار مع مقرن الصبغة في كل طبقة من طبقات المستحلب بقدر يتناسب مع الصورة الفضية المتكونة في هذه الطبقة . وقد ترتب على هذا التبسيط لعملية إظهار الألوان إمكانية قيام المصور الفوتوغرافي بمفرده ، أو المعامل التجارية بتشغيل الأفلام الملونة التي يستخدمونها .

تركيب محاليل إظهار الألوان :

إن محاليل الإظهار بالألوان عامة تشبه محاليل الإظهار بالأبيض والأسود العادية في احتوائها على نفس المكونات الأساسية وهي : مادة الإظهار ، المادة المنشطة ، المادة الحافظة والمادة المثبطة ، ولكن نسب هذه المكونات المتنوعة تختلف تماما فيما بين الحالتين . وبعض هذه المكونات كمواد الإظهار بالألوان مثلا ، عبارة عن مركبات أكثر تعقيدا من مواد الإظهار بالأبيض والأسود . وكذلك تحتوى محاليل الإظهار بالألوان عادة على مكونات خاصة إضافية ، حتى ولو كان مقرن الصبغات مغروسا في العجينة الفونوغرافية .

ويمكن تبسيط ذلك بمقارنة تركيبة محلول الإظهار بالأبيض والأسود النموذجية المنشورة في صفحة ٥٠ (محلول الإظهار كوداك د - ٧٢ Developer D-72) والمحلول النموذجي للإظهار بالألوان الموضح أدناه ، والذي يستعمل مع مقرنات ألوان مغروسة في العجينة الفوتوغرافية .

محلول إظهار الألوان (كوداك س د - ٢٠) :

Color Developer Kodak (SD-30)

الماء (تتراوح درجة الحرارة فيما بين

لتر واحد

٢١°م ، ٢٧°م)

كحول البنزيل

(مع التقليب لمدة خمس دقائق للتأكد من تمام امتزاجه بالماء) ٦ سم ٣

سداسي ميثافوسفات الصوديوم (أى الكالسيوم) ٢ جم

سلفيت الصوديوم المجفف ٥ جم

ثلاثي فوسفات الصوديوم (به ١٢ جزىء من ماء التبلر) ٤٠ جم

بروميد البوتاسيوم ٠,٢٥ جم

١٠ سم ^٣	محلول أيوديد البوتاسيوم قوته ١ %
٦,٥ جم	أيدروكسيد الصوديوم
١١,٣٢ جم	مادة إظهار الألوان كوداك (C D3) (١)
٧,٨ جم	كبريتات الايثيلين ديامين
١,٥ جم	حامض السترازينيك (٢)

مادة الاظهار :

يحتاج تشغيل الأفلام الملونة إلى مواد إظهار خاصة لتقترن نواتج تأكسدها مع مقرنات (أو مكونات) الألوان المغروسة في العجينة الفوتوغرافية مكونة صوراً من الصبغات .

وهي غالباً ما تحتاج إلى منشط إضافي علاوة على المادة القلوية المنشطة التي تحتوي عليها التركيبة. ولهذا الغرض يضاف كحول البنزيل إلى تركيبة التحضير . وهو عبارة عن مذيب عضوي . ومن المحتمل أن هذه الصفة تجعله قادراً على الإسراع بمعدل إنشار مادة إظهار الألوان داخل الطبقات المختلفة على المادة الفوتوغرافية الملونة . ويجب التحكم في درجة تركيزه بعناية لأن الكميات الكثيرة جداً أو القليلة جداً منه (أي من كحول البنزيل) تستطيع أن تؤثر على صفات قياسات الحساسية المميزة للصورة . كما تستعمل أيضاً بعضاً من مذيبيات هاليدات الفضة مثل كبريتات الايثيلين ديامين .

المادة المنشطة :

هناك مادتان قلويتان تستعملان بغرض تنشيط محلول إظهار الألوان . وهاتان المادتان هما ثلاثي فوسفات الصوديوم وأيدروكسيد الصوديوم . وهما أكثر قلوية من كربونات الصوديوم . وهناك هدفان من استعمالهما ، الأول هو تزويد المحلول المظهر بقيمة أس أيدروجيني عالية . والثاني هو تنظيم التغيرات في قيمة الأس الأيدروجيني للمحلول كي تزيد من قدرته على معادلة نتائج تفاعل الإظهار الحامضية ، ولتأكيد ذوبان مادة الإظهار أيضاً .

(١) الاسم الكيميائي للمركب CD3 — هو :

4-amino-N-ethyl-N- (β methanesulfon amidoethyl)-m-toluidine
sesquisulfate monohy drate

(٢) الاسم الكيميائي لحامض السترازينيك — Citrazinic Acid — هو :

(2, 6-Dihydroxy-isonoctonicacid

المادة الحافظة :

بالرغم من أن المادة الحافظة المستخدمة في تحضير محاليل الإظهار بالألوان هي نفس المادة المستعملة في تحضير محاليل الإظهار بالأبيض والأسود — أى سلفيت الصوديوم — فإنها تستعمل بتركيز أقل بكثير من الذى تستعمل به فى الأخيرة . ففى الإظهار بالألوان يجب أن تظل نتائج تأكسد مادة إظهار الألوان حرة طليقة لتتفاعل مع مقرن اللون منتجة الصبغة . ويؤدى استعمال تركيز مرتفع من السلفيت إلى الحد من ذلك الاقتران . ومن ناحية أخرى يجب أن يحتوى المحلول على بعض من المادة الحافظة للحد من التأكسد الجوى ولتتفاعل مع نتائج التأكسد ولتمنع حدوث البقع على الفيلم المشغول .

المادة المثبطة :

ويستعمل بروميد البوتاسيوم كمادة مثبطة ، ولكن بتركيز منخفض إلى درجة كبيرة بالإضافة إلى النسب الصحيحة من أيوديد البوتاسيوم .

المقرن المساعد :

من الصعب فى أغلب عمليات الألوان ، توفير قدر طيب من التحكم فى التباين . وفى العادة يؤثر ضبط تركيز المكونات الأخرى ، مثل المادة المنشطة ، ومادة الإظهار الخ ، على سرعة العجينة الفوتوغرافية أى على مدى استجابتها . ولذلك ، يضاف مركب خاص مثل حامض السترازينك إلى محلول الإظهار بالألوان ، ليتفاعل مع بعض نتائج تأكسد مادة إظهار الألوان منتجا مركبات عديمة اللون . وبهذه الكيفية يصبح فى الإمكان التحكم فى العلاقة بين كمية الفضة وكمية الصبغة التى تتكون فى الصورة . وبالتالى يسهل التحكم فى تباين الصورة الملونة .

الباب التاسع

قياس الإظهار

لقد ناقشنا محاليل الإظهار من حيث فعل وتركيب محاليل الإظهار ، وعمليات تحضيرها ، وكيمياء عملية الإظهار . ولقياس درجة الإظهار أهمية كبيرة في الاستغلال العملي لمحاليل الإظهار . ومن ثم أفردناها هذا الباب .

حتى نستطيع أن نتفهم الدور الواضح لكل عامل من العوامل المختلفة التي تؤثر على عملية الإظهار ، يجب أن تتوافر لدينا بعض الوسائل الممكن استخدامها في قياس الصورة الفضية التي تكونت أثناء الإظهار .

وقياس تأثيرات الإظهار جزء من علم قياس الحساسية . ومنذ وقت مبكر درس هيرتر Hurter ودريفيلد Driffeld في عام ١٨٩٠ العلاقة بين التعريض وكمية الفضة المتكونة أثناء الإظهار .

فقد سمحاً للضوء بالنفاذ عبر صورة من الفضة ، ثم استعمالاً قياس جزء من الضوء النافذ خلالها ، كدليل على كمية الفضة المتكونة في الصورة . ويسمى ذلك الجزء الذي يعبر عنه كنسبة مثوية الشفافية . ولكن الشفافية تتناقص كلما ازداد اسوداد الصورة ، أي كلما ازدادت كمية الفضة التي تحتوى عليها الصورة . ويصبح الفهم أكثر وضوحاً إذا استعملنا اصطلاح « الأعتام » وهو مقلوب الشفافية — وبالتالي يزداد بزيادة كمية الفضة — بدلا من الشفافية نفسها .

وقد وجد هيرتر ودريفيلد أن الأمر يصبح — لعدة أسباب — ذا دلالة أكبر باستعمال القيمة اللوغاريتمية لكل من الأعتام والكثافة بدلا من القيمة الحسابية

(الرياضة) لها . وأحد هذه الأسباب هو أن العين البشرية تحكم على الفوارق بين الدرجات اللونية — أى فروق التألّق — باصطلاحات لوغاريتمية . ومن الأسباب الأخرى أن كمية الفضة الموجودة في الصورة تتناسب تناسباً طردياً في الغالب مع الكثافة بالنسبة لأي نوع من المستحلبات . وذلك بسبب الطريقة التي تمتص الصورة بها الضوء أي الطريقة التي توقفه بها عن النفاذ خلالها .

ويمكن التعبير عن هذه الاصطلاحات رياضياً كما يلي :

$$\begin{aligned} \text{الشفافية} &= \frac{\text{كمية الضوء الساقط على الصورة}}{\text{كمية الضوء النافذ عبر الصورة}} \\ \text{الاعتماد} &= \frac{1}{\text{النفاذ}} = \frac{\text{كمية الضوء النافذ عبر الصورة}}{\text{كمية الضوء الساقط على الصورة}} \\ \text{الكثافة} &= \text{لوغاريتم الاعتماد} . \end{aligned}$$

ومن البديهي أن الصورة تنتج عن إظهار هاليدات الفضة التي قد تعرضت للضوء . والتعريض الضوئي (ت) هو حاصل ضرب شدة الاستضاءة (ش) والزمن الذي دام خلاله التعريض الضوئي (ز) ، أي أن

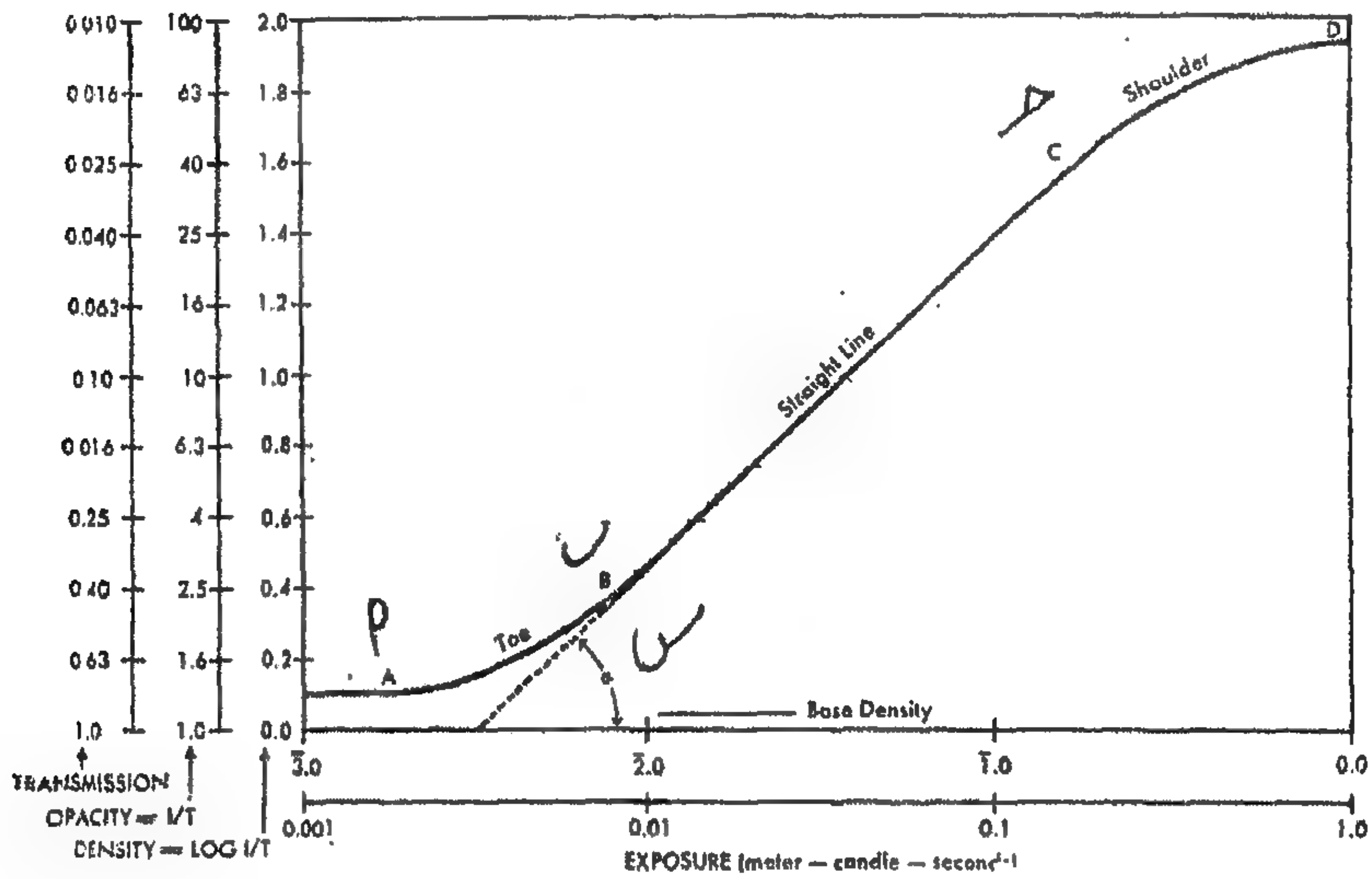
$$ت = ش \times ز$$

وعند ترجمة ذلك بالنسبة لنواحي استخدام آلات التصوير ، نجد أنه يتم التحكم في الاستضاءة التي يستقبلها الفيلم بواسطة فتحة العدسة التي يحددها تألق (نضوع) الموضوع المصور . بينما يتم التحكم في زمن التعريض بواسطة سرعة الغالق . ويعبر عن التعريض عادة بالاصطلاحات اللوغاريتمية فنقول لوغاريتم التعريض أولو (ت) . ولا يرجع السبب في اتباع هذا النظام إلى مجرد كونه ملائماً لرسم المنحنيات حيث يتم التعبير عن كل من تدريجي الكثافة والتعريض الضوئي بنفس الكيفية ، بل إن هناك أيضاً عدداً من الاعتبارات النظرية والعملية الأخرى التي أدت إلى تفضيل استعماله .

ولقد رصد هيرتر ودريفيلد قيم الكثافة ولوغاريتم الاعتماد على ورقة رسم بياني . وحصلنا على منحنى بياني أطلق عليه اسم منحنى هيرتر ودريفيلد ، أو المنحنى البياني المميز كما هو مبين في الشكل رقم (١٩) . وهو يميز المواد الفوتوغرافية التي قد عولجت

لإكسابها حساسية الضوء . ويوضح هذا المنحنى البسيط الذى له شكل حرف (S) العلاقة بين التعريضات الضوئية المتزايدة وقيم الكثافة المتزايدة التى تنشأ تحت ظروف إظهار معينة .

وهناك بعض الاصطلاحات المستعملة فى التصوير الفوتوغرافى لوصف المعلومات التى نحصل عليها من المنحنى البياني المميز يجب أن يألفها القارئ . فالمنحنى البياني يتألف من ثلاثة أجزاء ، هى على الترتيب « منطقة القدم » وهى ذلك الجزء الواقع بين أ ، ب فى الشكل رقم (١٩) . « ومنطقة الكتف » وهى ذلك الجزء المحصور بين ج ، د . ومنطقة « الخط المستقيم » - وهى الواقعة بين ب ، ج . ويصل الميل أو التدرج إلى أعلى قيمة فى منطقة الخط المستقيم من المنحنى البياني المميز فى حين يقل فى كل من منطقتي القدم والكتف .



شكل رقم (١٩)

المنحنى البياني المميز

ويشير ميل منطقة الخط المستقيم إلى التباين الذى سببه الإظهار على المواد السالبة أو الموجبة ممثلاً بواسطة المنحنى البياني المميز ، فى حين تشير قيم الميل المتغيرة فى منطقتي القدم والكتف إلى مقدار الضغط المحتمل حدوثه فى الدرجات اللونية بمساحات الظلال والإضاءة العالية . ويتسع مدى الدرجات اللونية التى يمكن الحصول عليها ، كلما كان التغيير فى مقدار الميل تدريجياً (أو بطيئاً)

ويمكن قياس ميل منطقة الخط المستقيم بسهولة . وتسمى القيمة الناتجة بالحاما :
وهي دالة Function للزاوية « س » المحصورة بين محور لوغاريتم التعريض على
الرسم البياني ومنطقة الخط المستقيم بالمنحنى البياني المميز شكل رقم (١٩) . ومن ثم
تجدنا قيمة الحاما بوسيلة ملائمة لقياس أو وصف درجة إظهار الصورة (أى الدرجة
التي تم إظهار الصورة إليها) . وهي أحد العوامل الهامة المتعلقة بتباين الصورة .

علم قياس الحساسية : Sensitometry

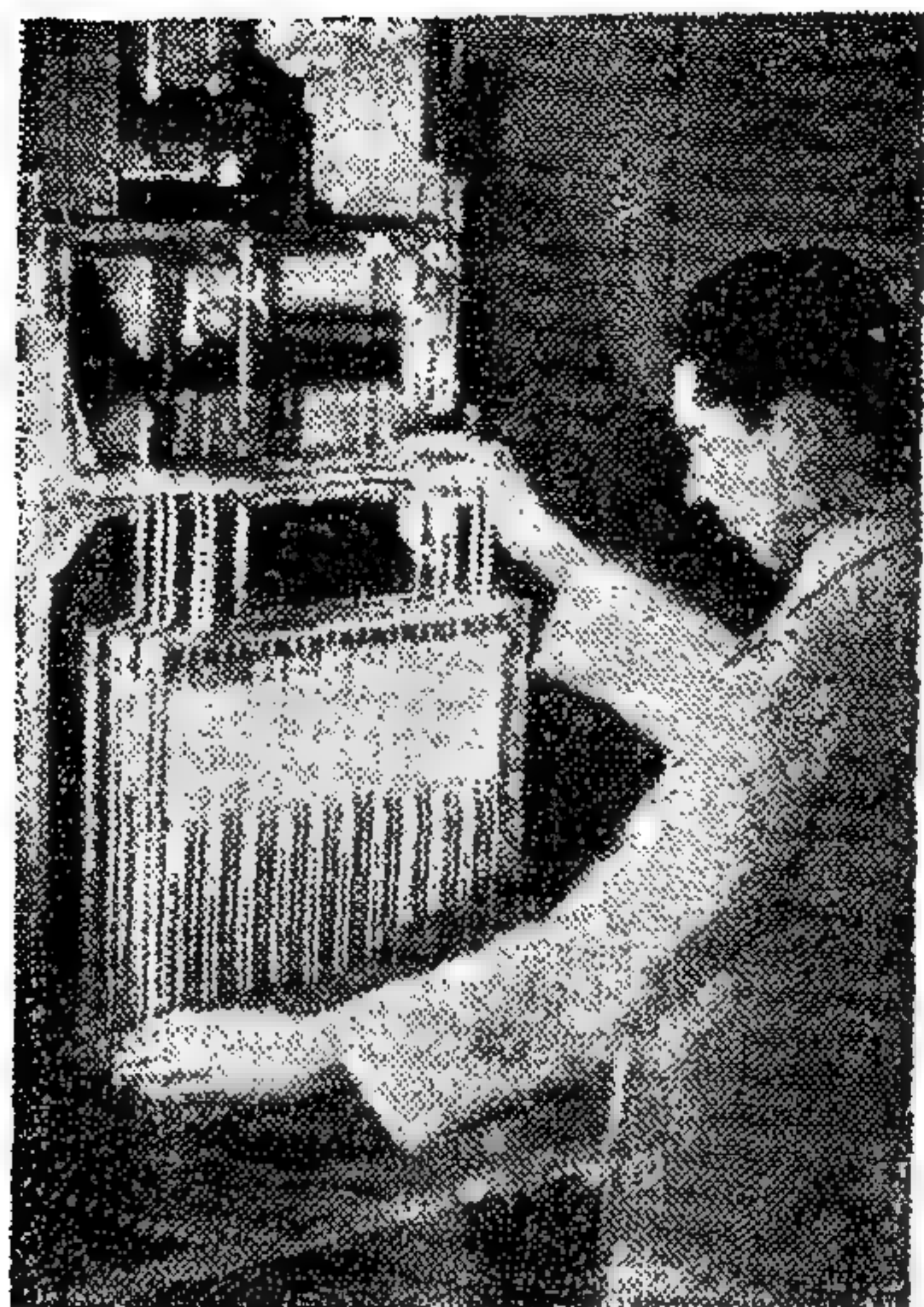
أن الأعمال التي قام بها هيرتر ودريفلد ما زالت حتى الآن بمثابة الأساس الذي
قامت عليه عمليات اختبار المواد الفوتوغرافية سواء أثناء التصنيع أو بعده . وكذلك
الاختبارات التي تجرى لمراقبة عملية التشغيل ، وهكذا .

ومن أجل أن تصبح هذه الاختبارات مفيدة وعملية فانه يجب أن يكون في
الإمكان إعادة الحصول على المنحنيات البيانية المميزة (لأى مادة فوتوغرافية بدقة
تامة) من وقت لآخر . ويستلزم ذلك توافر جسم قياسى لاستخدامه في عمل
هذه الاختبارات ، وآلة خاصة تمدنا بظروف تعريض وإظهار وتثبيت وغسيل
يمكن إعادة الحصول أو بعبارة أخرى يجب أن تتوافر ظروف تعريض
وظروف تشغيل عليها . يمكن إعادة الحصول عليها . ويلزمنا بالإضافة إلى هذا
وسيلة لقياس الكثافة الفوتوغرافية على المادة الفوتوغرافية المشغولة . وقد أمكن
الوفاء بهذه المستلزمات في خلال السنوات الحديثة ، وبهذا أصبحت قياسات
الحساسية حقيقة نافعة ومفيدة .

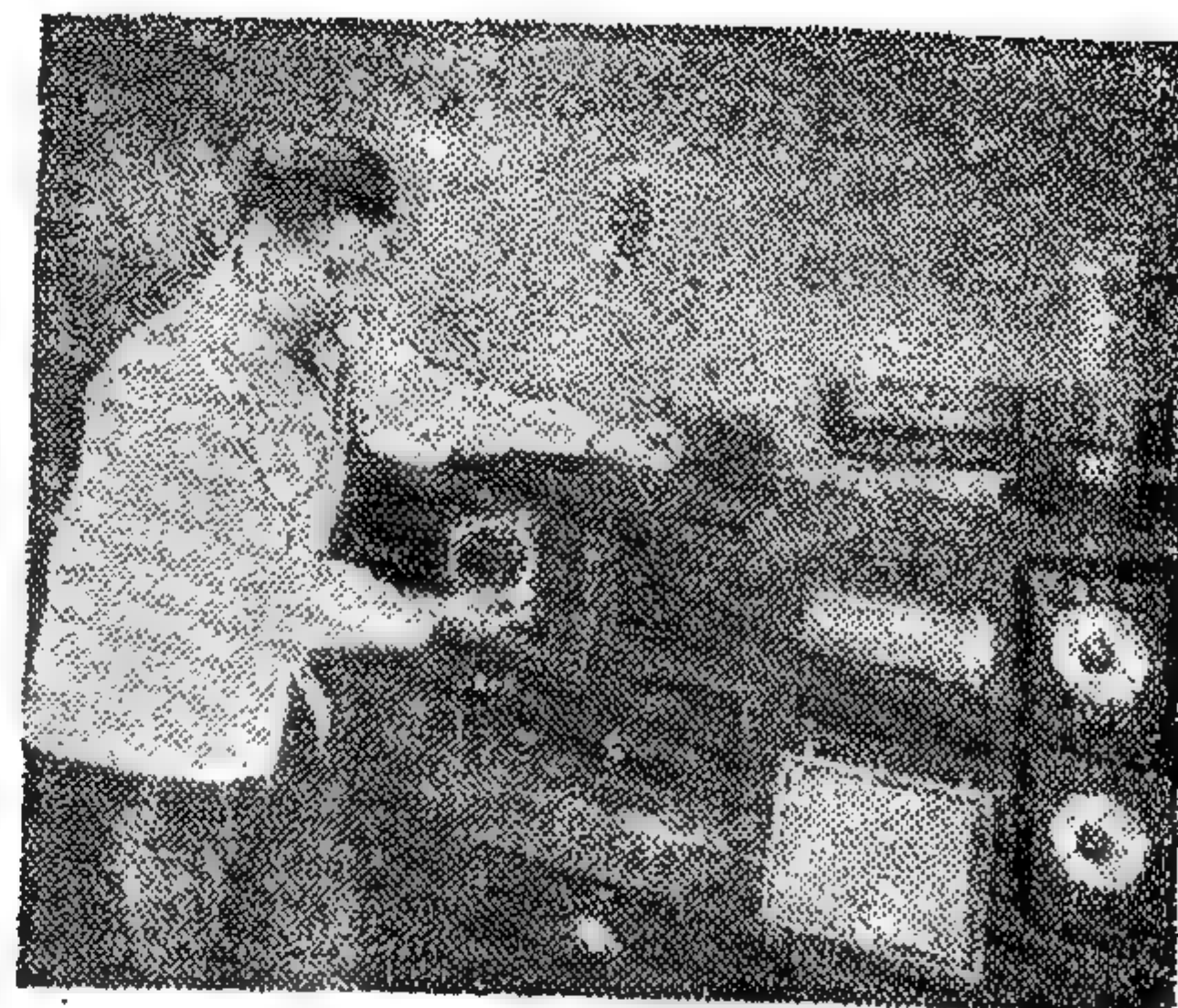
جسم الاختبار :

وهو في العادة شريحة مستطيلة مدرجة Step Tablet تتكون من مجموعة من
الكثافات قد تم اختيارها بحيث تكون قيمة الكثافة على الخطوة التالية أكبر من تلك التي
على السابقة لها بمقدار معين . وهناك أنواع كثيرة من الأقراص المدرجة يمكن
استعمالها في هذا الغرض . ولكنه من المحتمل أن أكثرها شيوعا في الاستعمال هو
ذلك المبين في الصفحة رقم ٨٩ . وهو يتكون من واحدة وعشرين درجة .
ويصل مقدار الزيادة في قيم الكثافة من خطوة إلى التي تليها إلى ١٥ ٪ .

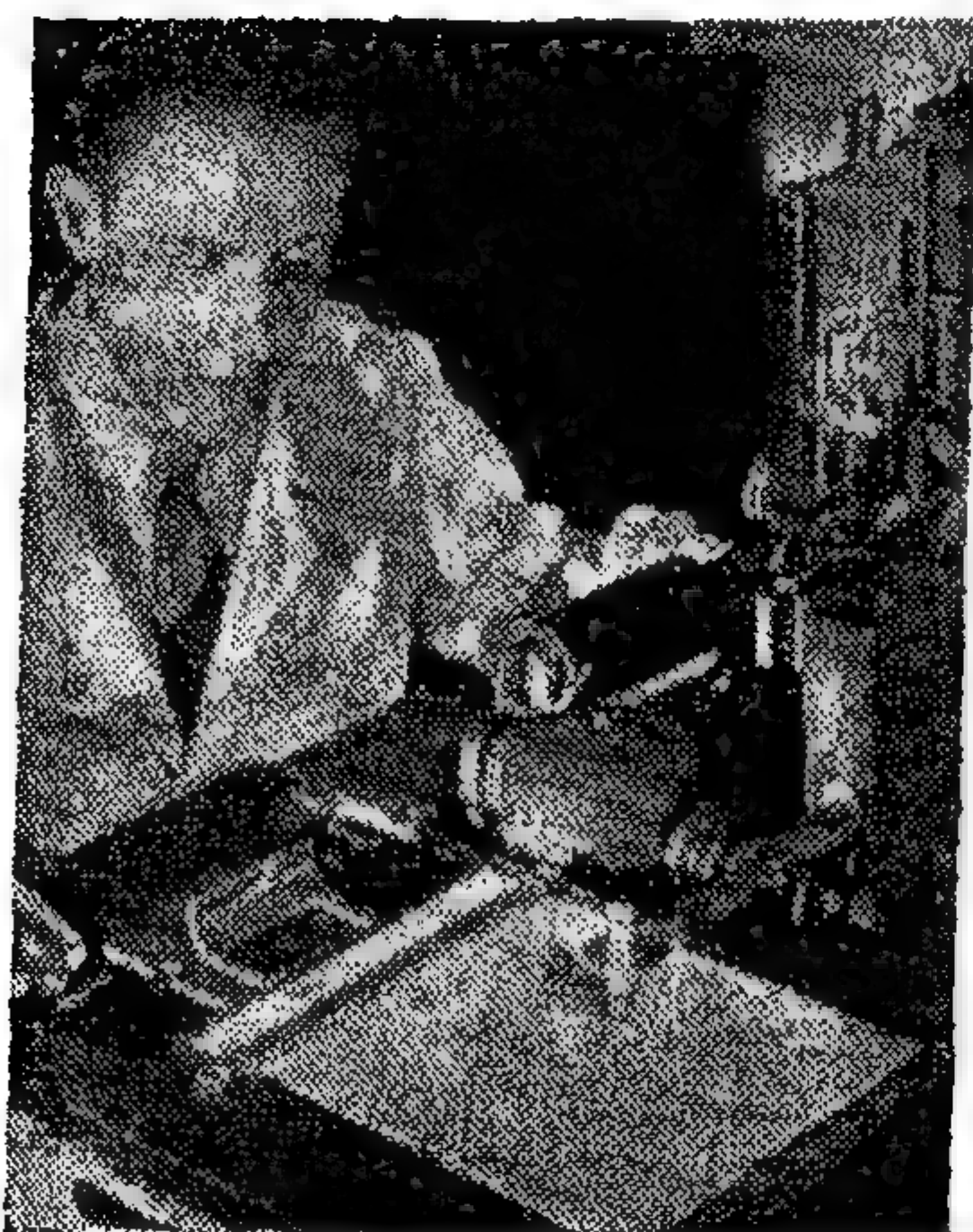
اختبارات قياسات الحساسية المواد الفوتوغرافية أثناء التصنيع



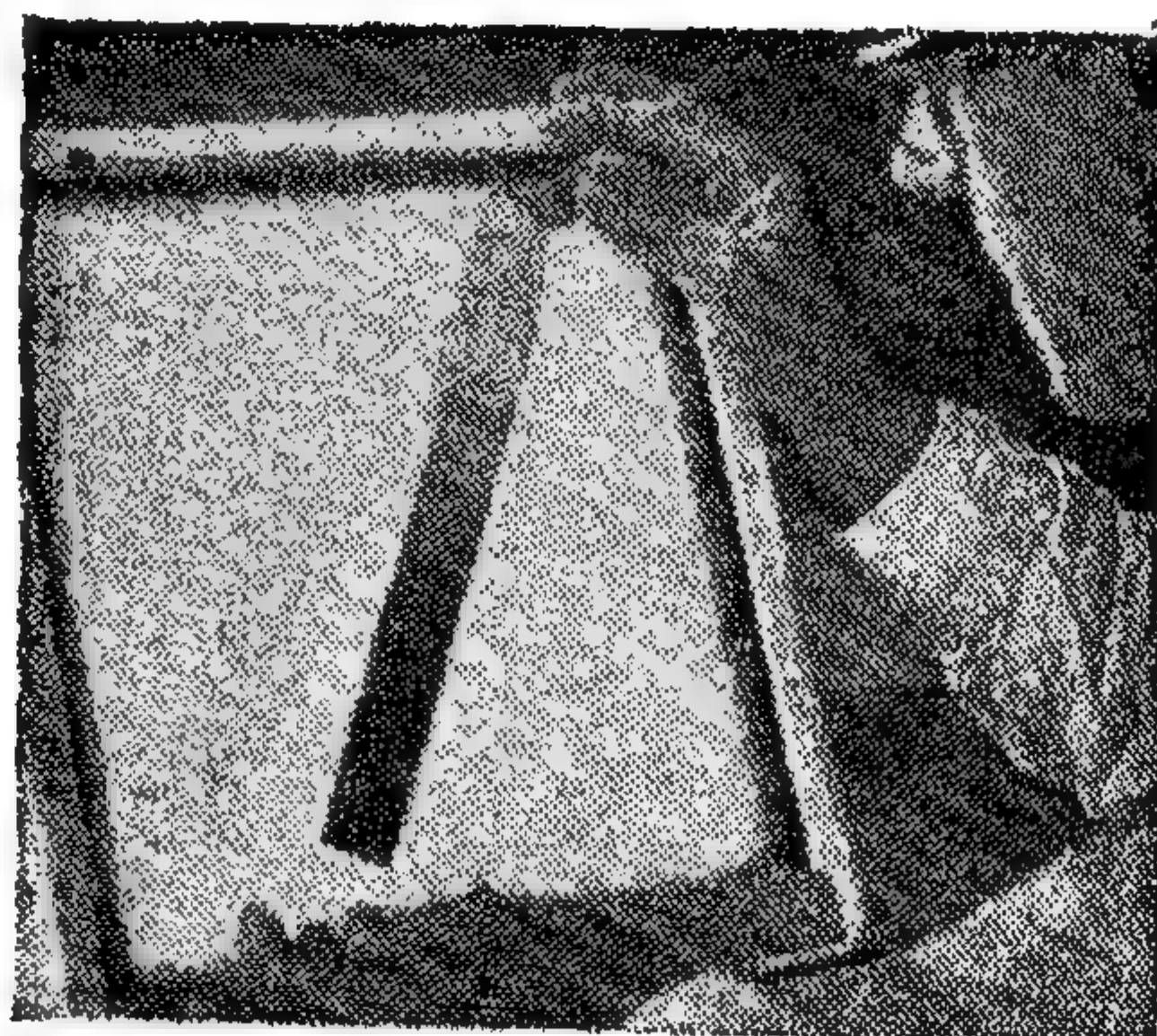
شكل رقم (٢١)
تلقى شرائح الاختبارات تلقياً ميكانيكياً
موحداً أثناء التشغيل



الشكل رقم (٢٠)
يتم تعريض شرائح اختبارات المواد الفوتوغرافية
في جهاز كالمين في الشكل



الشكل رقم (٢٣)
يقوم جهاز الكثافة بقياس وتسجيل درجات الكثافة
الفوتوغرافية التي نشأت على شريحة الاختبار



الشكل رقم (٢٢)
شريحة الاختبار المشغولة (أى التي
تم اظهارها وتشبيتها وغسلها)

جهاز تعريض شرائح اختبار الحساسية

وهو عبارة عن وسيلة تعريض مدرجة بعناية تحتوى على مصباح تعريض يتم تشغيله تحت ظروف تسمح بإعادة الحصول على نفس الخرج الضوئى ، Light out put ، أى نفس شدة الإضاءة ، من اختبار إلى آخر . وللشريحة المتدرجة أو أى جسم آخر موضع محدد داخل الجهاز بالنسبة للمصدر الضوئى ، ومن ثم يسمح بإعادة توجيه نفس الإضاءة بدقة على العينة المراد اختبارها فى كل مرة . ويتم تدريج الوحدة أو ضبطها بواسطة وسائل مناسبة فى كل مرة إذا رغبتا . ويتم تصميم الأجزاء الميكانيكية بحيث يمكن تكرار التعريض الضوئى الذى يستقبله لوح أو فيلم أو ورقة فوتوغرافية .

التشغيل :

يجب أن تتوافر إمكانية تكرار تلك الدورة من العمليات بدقة ، وبالذات فيما يختص بالإظهار . ومن المهم أن نراقب تركيب محاليل التشغيل وزمن معالجة الفيلم فيها ، ودرجة حرارتها ، ومقدار التقليب المتاج لها أثناء وجود الفيلم فيها . وبالنسبة للاختبارات الروتينية للمواد الفوتوغرافية يتم تحضير محاليل الإظهار والتثبيت بحجوم كبيرة ، وبذلك يبقى نفس المحلول متاحا للاستعمال فترة زمنية غير قصيرة ، فنضمن عدم الاضطرار إلى تحضير محلول جديد بسرعة . ومن ثم تتحاشى التأثير الناتج عن تغير تركيب محاليل التشغيل . وفى عمليات اختبارات الحساسية التى تتم على نطاق واسع جدا ، يصل حجم محاليل التشغيل التى يتم تحضيرها وتخزينها فى المرة الواحدة إلى خمسمائة جالون . وبالرغم من ضخامة هذا الحجم فإنه ليس بالأمر غير العادى بالنسبة لمقتضيات العمل . وتوضع أحواض التخزين عادة على مستوى أعلى من مستوى آلات التحميض ، حتى تستطيع المحاليل أن تسرى من أحواض التخزين إلى آلات التحميض بفعل الجاذبية الأرضية ، عندما يسمح لها بالسريان إليها .

وحيث إنه من الصعب ضبط وتصحيح درجات حرارة المحاليل قبل كل اختبار فإن العادة قد جرت على حفظ أحواض التشغيل ، (التى تحتوى عليها آلات التحميض) مغمورة فى حمامات مائية ضبطت درجة حرارتها عند

٦٨ درجة فهرنهايت ، وهي درجة الحرارة التي اعتبرتها الهيئة الأمريكية للمواصفات القياسية درجة قياسية للتشغيل .

ويعتبر التقلب أكثر العوامل صعوبة من حيث مراقبته والتحكم فيه . إذ تستطيع المواد الناتجة عن تأكسد مادة الإظهار والهاليدات القلوية التي تتكون أثناء تفاعل الإظهار أن تحد من فعل الإظهار . ومن الوجهة العامة ، سوف تتجمع هذه المخلفات عند سطح العجينة الفوتوغرافية وفي داخلها إذا لم يتوافر التقلب ، ومن ثم تبطء من معدله . ولهذا يجب أن يظل التقلب متاثلا ؛ وعلى درجة من القوة تكفي لازالة مخلفات الإظهار وتسمح للمحلول المظهر الطازج بالوصول إلى طبقة العجينة الفوتوغرافية بصفة مستمرة طوال زمن الإظهار . والغسيل الكافي مطلوب أيضا في حمامات شطف الفيلم برذاذ الماء قبل التثبيت وبعده .

وبناء عليه ، قد تم تصميم وسائل خاصة للقلب تستطيع القيام بهذه المهمة الصعبة . ويتألف أحد الأنظمة المستخدمة في تشغيل اختبارات قياسات الحساسية في الوقت الحالي من عدة شفرات معدنية رأسية متحركة ، موضوعه على زاويا قائمة تقريبا بحيث تكون قريبة جدا من سطح العجينة الفوتوغرافية . وتنغمر هذه الشفرات وعينات الاختبار تماما في المحلول . وعند التشغيل تتحرك الشفرات أوتوماتيكيا من ناحية إلى الأخرى . وتمسح هذه الشفرات في حركتها سطح العجينة الفوتوغرافية مكتسحة محاليل الإظهار الحزئية الانهاك بعيدا عن سطح الفيلم لتأتي بمحاليل طازجة في ملامسته . وتضبط سرعة هذه العملية لتوفير ظروف إظهار متماثلة .

جهاز قياس الكثافة :

وهو آلة ضوئية مصممة لتقيس بدقة الكثافة الضوئية للصورة الفوتوغرافية التي قد تم إظهارها . وفي عمليات قياس الحساسية الروتينية يستعمل هذا الجهاز أساسا لقياس كثافة الشرائح المتدرجة القياسية . والتي تعتبر بمثابة صورة مطبوعة لشريحة الاختبار . ويمكن استعماله في التصوير الفوتوغرافي العملي لقياس درجات الكثافة على الأفلام السالبة في تلك التطبيقات التي تقتضى مراقبة دقيقة لعمليات التشغيل .

أهمية علم قياس الحساسية :

لقد تأكدت أهمية توافر ظروف التعريض والتشغيل الخاضعة للتحكم والمراقبة منذ سنوات كثيرة. وبالرغم من ذلك كان من الصعب أن يتم تحديد دقيق للتأثيرات الحقيقية لكل عامل من العوامل المعنية. وبفضل تطور الفنيات الصناعية Techniques المذكورة آنفا أصبح ذلك ممكنا . فمثلا يمكن تحت ظروف الاختبار الخاضعة للتحكم والمراقبة أن يتغير أحد العوامل ، وليكن نوع العجينة الفوتوغرافية مثلا . ولكن بقاء كل العوامل الأخرى خاضعة للمراقبة بحيث يمكن إعادة توفيرها : يجعلنا قادرين على دراسة الصفات المميزة للعجينة الفوتوغرافية الجديدة عن طريق مقارنتها بالصفات المميزة المعروفة لأي عجينة أخرى يتم تشغيلها تحت نفس الظروف ، وفي عملية واحدة . ويمكن اتباع نفس الطريقة في دراسة تأثير الحرارة والتقليب والتركيب الكيميائي لمحاول الإظهار ، كل على حدة ، ما دامت جميع العوامل الأخرى باقية تحت ظروف قياسية .

ويمكن الاستعانة بمثال أو اثنان على توضيح فائدة مراقبة عمليات التشغيل الفوتوغرافي بواسطة قياسات الحساسية. ويتعلق المثال الأول بصناعة السينما التي تقتضى تشغيل مئات الألوف من الأفلام السينمائية في ظروف تكفل الحصول على نفس الصفات الفوتوغرافية المميزة على طول الفيلم بأكمله . وبفضل عمليات المراقبة الفوتوغرافية يمكن قصر التغير في الصفات الفوتوغرافية داخل حدود ضيقة للغاية . وتتناول المراقبة النواحي الآتية : التركيب الكيميائي لمحاول الإظهار - درجة الحرارة - التقليب زمن الإظهار .. الخ . وفي البداية تستخدم اختبارات قياسات الحساسية لتحديد مواصفات عملية التشغيل . ثم تستخدم بعد ذلك باستمرار لمعرفة مدى مطابقة عملية التشغيل للمواصفات التي حددت لها . وذلك بامرار شرائح فيلمية (استقبلت تعريضا قياسيا في جهاز تعريض الاختبارات) مع أطوال الفيلم المطلوب تشغيلها . وتعتبر الأفلام السينمائية العالية الجودة التي تقدم للجماهير ثمرة عمليات التشغيل الخاضعة للمراقبة الدقيقة . ولك أن تتخيل مستوى جودة النتيجة النهائية ، سواء من فيلم إلى التالى ، أو حتى من لفة (بوبينة) إلى الأخرى من نفس الفيلم ، لو تجاهلنا ظروف التشغيل الدقيقة .

ومن الواضح أنه ليس في إمكان كل فرد من المهتمين بالتشغيل الفوتوغرافي أن يقتنى تلك الأجهزة المتطورة التي أشرنا إليها من قبل . ولكن هناك حالات كثيرة يصبح فيها الإلمام بفكرة بسيطة - مهما كانت فجأة - عن التماثل الدقيق لظروف التشغيل أمراً مفيداً . ويعتبر أبسط الأدوات ملائماً لتحقيق هذا الهدف . ومن الضروري أن تشتمل هذه الأدوات على أوعية تشغيل منتظمة ، وعلى ترمومترات لقياس درجة حرارة المحاليل في هذه الأوعية ، وعلى شريحة اختبار متدرجة الكثافة . ويمكن الحصول من المصنعين الفوتوغرافيين على هذه الشرائح ، معرضة وغير مشغولة ، حيث يقوم المستهلك بتشغيلها بنفسه للتأكد من دقة ظروف التشغيل المتاحة لديه . ويتم تعريض شريحة الفيلم أو الورق المستخدمة في الاختبار بالسماح لها باستقبال الضوء عبر شريحة متدرجة قياسية طوال فترة زمنية تكفى بالكاد لطبعها على شريحة المادة الفوتوغرافية المطلوب اختبارها . وبعد تشغيل الأخيرة يتم الحصول على صورة للشريحة القياسية ، يمكن قياسها إما بالعين أو بأجهزة خاصة . ويستقر وعاء الإظهار عادة في حوض من الماء قد ضبطت درجة حرارته عند درجة حرارة التشغيل المختارة ، وهي ٦٨°ف . ويجب استخدام نفس طريقة التقليب طوال زمن معالجة شريحة الاختبار أو الفيلم السالب أو الفيلم الموجب في محاليل التشغيل .

وليس من الممكن أن نستوفي هنا جميع التطبيقات العملية الفاتكة الأهمية لقياسات الحساسية ، إلا أنه يجب أن نضع في اعتبارنا أن النجاح في مراقبة عمليات التشغيل والتحكم فيها لأي درجة من الدقة يعتمد أساساً على وجه التطبيق العملي لقياسات الحساسية ، وعلى مدى توافر الأداة المناسبة لتنفيذه .

ولا تقتضى مراقبة ظروف التشغيل بواسطة قياسات الحساسية استغلال آلات تعريض الاختبارات وأجهزة قياس الكثافة الخاصة . بل يستطيع الأغلبية العظمى من المستعملين للمواد الفوتوغرافية الاسترشاد بنشرات التعليمات التي تتضمنها عبوات الأفلام أو أوراق الطبع . وتعتبر هذه التعليمات (أو التوصيات) خلاصة تجارب خضعت لمراقبة دقيقة ، أجريت بواسطة المصنعين على منتجاتهم . ومن ثم ، فإن المصور يستعمل قياسات الحساسية بمعنى ما ، في كل مرة يتبع فيها التعليمات المطبوعة

لمادة فوتوغرافية معينة . كما تحتوي كتب النتائج العلمية التي ينشرها مصنعو الأفلام على معلومات عن تداول المنتجات الفوتوغرافية .

وتعتبر هذه النتائج حصيلة اختبارات المراقبة التي أجراها المصنع . وهي تعتبر أيضاً أفضل مرشد؛ في تناول المستهلك، لتعريفه بطرق التداول الصحيح للمنتجات الفوتوغرافية التي صدرت بشأنها . وإذا ما اتبع المستهلك تعليمات التشغيل الصادرة لمادة فوتوغرافية معينة عند تشغيل مادة أخرى فإنه يتبع بذلك نظاماً غير عملي لا يحول بينه وبين التردى في هاوية الخطأ .

قياس حساسية المواد الملونة :

إذا كانت قياسات الحساسية ذات فائدة في التصوير الفوتوغرافي الأبيض والأسود فهي أمر لا يمكن الاستغناء عنه في التصوير الملون. ويرجع السبب في ذلك إلى ما يتطلبه التصوير الملون من شروط لا بد من توفيرها لإتاحة الحصول على نسخ دقيق لألوان الطبيعة في الصور الملونة. وهي نشوء ثلاث صور ملونة على الأقل في ثلاث طبقات فوتوغرافية. الطبقة الأولى منها حساسة للضوء الأزرق، والثانية حساسة للضوء الأخضر، والأخيرة حساسة للضوء الأحمر. ويجب أن تكون الصور الثلاث متوازنة بالقدر المناسب من حيث الكثافة والتباين وشكل منحنى نسخ اللون . ويتيح لنا علم قياس الحساسية المعلومات التي تجعل ذلك أمراً ممكناً .

وتقوم العمليات الملونة التي تستغل الأفلام السالبة الملونة المنفصلة — مثل عملية كوداك لنقل الصبغات Kodak day Transfer Process — على طرق قياسات حساسية تشبه أساساً تلك المستخدمة مع الفيلم الأبيض والأسود . والفرق الأساسي هو أننا نحصل على منحنى منفصل لكل صورة من الصور ذات الألوان الأساسية، وأن هذه المنحنيات يجب أن تحمل فيما بينها العلاقة السليمة التي تتطلبها الصفات المميزة للعملية .

وتعتبر اختبارات قياسات الحساسية المستخدمة في حالة العمليات الملونة أكثر تعقيداً من تلك الخاصة بالأفلام الأبيض والأسود . وذلك كما في الأفلام الكوداكروم والكوداكولور التي تتكون فيها الصور الملونة الثلاث في طبقات العجينة الفوتوغرافية الموضوعة بعضها فوق بعض بحيث لا يمكن فصلها .

وعند ضبط ضوء التعريض لا ينبغي أن نقصر اهتمامنا على قيمة معينة من شدة الإضاءة يمكننا من إعادة الحصول في الصورة على ألوان الموضوع المصور ، بل يجب أن تهتم أيضاً بلون الضوء المستخدم في التصوير ، وأن يخضع اختياره لمراقبة تضمن ملاءمته للصفات المميزة للمادة الفوتوغرافية التي يجري تعريضها . وعند قياس الكثافة الفوتوغرافية على كل طبقة من طبقات الفيلم الملون (أى لكل صورة من الصور الملونة الثلاث) ، يجب استعمال الضوء المناسب لها .

وتتميز اختبارات قياسات الحساسية المستوفاة اللازم اتباعها في عمليات تصنيع المواد الفوتوغرافية بدرجة كبيرة جداً من التعقيد سواء في طرقها أو في تفسير نتائجها. ومن حسن الحظ أن تلك الطرق التي يمكن استخدامها في عمليات اختبار ومراقبة تشغيل المواد الملونة أقل تعقيداً منها بكثير . فعلى سبيل المثال ، تمتد شركة أيستمان كوداك عملاءها ب شرائح من الأفلام الأكوتا كولور والكودا كولور ، لتوفر لعملائها طريقة للتحكم في الجودة ، ومراقبتها أثناء التشغيل . ويقوم المستهلك بتشغيل واحدة من هذه الشرائح مع كل طول من الفيلم (أى مع كل بوبينة منه) . وبذلك يحصل على بعض من المعلومات عندما يفحص الشريحة المعرضة المشغولة ، بالعين . أما المعلومات الكاملة المصاغة بالأرقام واللازمة لاختبار عملية التشغيل فيمكن الحصول عليها من عدد قليل من القياسات البسيطة للكثافة .

الباب العاشر

مراقبة عملية الإظهار

يقتضى الاستخدام العملي لمحاليل الإظهار أن يتم التحكم في عدة عوامل هامة تؤثر على درجة الإظهار الناتجة . ويجب مراقبة هذه العوامل بدقة حتى يمكن الحصول على صور سالبة أو موجبة ذات جودة طيبة .

يعتبر الإظهار أكثر مراحل العملية الفوتوغرافية أهمية ، إذ تتكون الصورة أثناءه . وتتوقف الكثافة والتدرج الناتجان في الصورة على درجة حرارة المحلول المظهر أثناء التشغيل . وفي الأيام المبكرة للتصوير الفوتوغرافي كانت عملية التشغيل تتم في الظلام الدامس ، إذ لم تكن أضواء الأمان قد عرفت بعد . وكان القائم بالتشغيل يعتمد إلى تطع جزء من المادة الفوتوغرافية المطلوب تشغيلها ، وإظهاره أولاً . وبعد الحكم على جودته عن طريق فحصه بالعين ، يقوم بتشغيل بقية المواد بناء عليه . وبعد ذلك عرفت أضواء الأمان . وأصبح في إمكان المصور ، أو القائم بالتشغيل أن يلاحظ الصورة أثناء الإظهار في ضوء الأمان المناسب . وساعد على سرعة انتشار هذه الطريقة أن حساسية المواد الفوتوغرافية التي كانت معروفة آنذاك - حتى الأفلام السالبة - كانت بسيطة للغاية ، مما سهل بالتالي عملية اختيار ضوء الأمان . ومع نمو الخبرة تم الحصول على نتائج ممتازة ، واستطاع المصور المحنك أن يحصل في أغلب الأحيان على مجموعة من الأفلام السالبة تتمتع بنفس الصفات المميزة تقريباً . ثم ما لبثت الحاجة أن ألحت إلى ضرورة توفير مستحلبات أسرع . وخرجت إلى الوجود عجائن فوتوغرافية عالية السرعة من نوعي الأورثوكروماتيك والبانكروماتيك .

وبالرغم من أن كل نوع من هذه الأنواع له ضوء أمان يمكن تداوله فيه ، إلا أن هذه الأضواء ليست بالقوة التي تمكن القائم بالتشغيل (أو المصور) من رؤية الصور التي تتكون على العجينة الفوتوغرافية أثناء الإظهار . ومن ثم كان لابد من البحث عن وسيلة يستطيع بها المصور أن يتتبع عملية إظهار المواد الفوتوغرافية وأن يتحكم فيها . ومن حسن الحظ أن قياسات الحساسية قد أتاحت ذلك . وأمكن بواسطتها التحكم في عملية الإظهار سواء أتمت في ظلام جزئي (أى في ضوء أمان مناسب) أم في ظلام كلي .

ومن ثم تحتوى نشرات التعليمات الخاصة بالمواد الفوتوغرافية على معلومات تعرف المصور الفوتوغرافي بظروف إظهار هذه المواد في محلول إظهار ذى صفات نوعية محددة ، ولفترة زمنية تقدر بعدد معين من الدقائق ، عند درجة حرارة معينة ، ومع توافر مدى معين من التقليب .

وإذا أهمل القائم بالتشغيل أى جزء من التعليمات المتعلقة بطريقة تشغيل معينة فإن النتائج قد تأتى مغايرة لما توقعه . وإذا افترضنا أن التعريض الضوئى الذى استقبلته هذه المواد كان صحيحاً ، فإن هناك عدة عوامل تنتمى إلى الإظهار يجب وضعها تحت المراقبة .

العوامل الفيزيائية :

وتختص بعض هذه العوامل بالظروف الفيزيائية التى تشتمل عليها عملية الإظهار ، وهى تتناول تأثير زمن الإظهار ودرجة الحرارة ومدى تقليب محلول الإظهار . ويمكن عرض هذه التأثيرات بدلالة التغيرات التى تحدث فى الصفات المميزة لمنحنيات هيرتر ودريفلد . ولقد افترضنا فى المناقشات التالية أن ظروف التشغيل خاضعة لمراقبة أدق طرق اختبارات الحساسية ، بما يضمن بقاء جميع العوامل ثابتة فيما عدا ذلك العامل الموضوع تحت الدراسة . وحيث إن جميع هذه العوامل أساسية فى تشغيل جميع العجائن الفوتوغرافية ، فإننا سنستخدم فى دراستها منحنى بياني يميز لعجينه فوتوغرافية ما ، نطلق عليها اسم العجينة « س » .

زمن الاظهار :

تحتاج أغلب العجائن الفوتوغرافية إلى البقاء لفترة زمنية معينة فى محلول الإظهار قبل أن تبدأ عملية الإظهار فعلا . ويطلق على هذه الفترة الزمنية الوجيزة

اسم « فترة التجهيز » Induction period . أى الفترة اللازمة للعجينة الفوتوغرافية حتى تتكيف تمهيدا لبدء الإظهار . وما إن يبدأ الإظهار حتى تأخذ كمية الفضة المتكونة على الصورة فى الازدياد ، وبالتالي تزداد قيمة الكثافة الناتجة على الصورة كلما ازداد زمن الإظهار . وتوجد علاقة تناسبية طردية بين كمية الفضة المتكونة وبين التعريض الضوئى الأصلى الذى قد استقبلته المادة الفوتوغرافية . وتوضح المنحنيات البيانية فى الشكل رقم (٢٤) تأثير الزيادة فى أزمنة الإظهار على العجينة الفوتوغرافية .

ومن الواضح أن قيمة الحماما - أى ميل منطقة الخط المستقيم بالمنحنى البيانى المميز - تزداد بزيادة زمن الإظهار . ويتوقف تحديدنا لمنحنى معين بأنه هو ذلك الذى يشير إلى أفضل ظروف التعريض ، على نوع العجينة الفوتوغرافية المستعملة بالذات ، وعلى الهدف من وراء استخدامها .

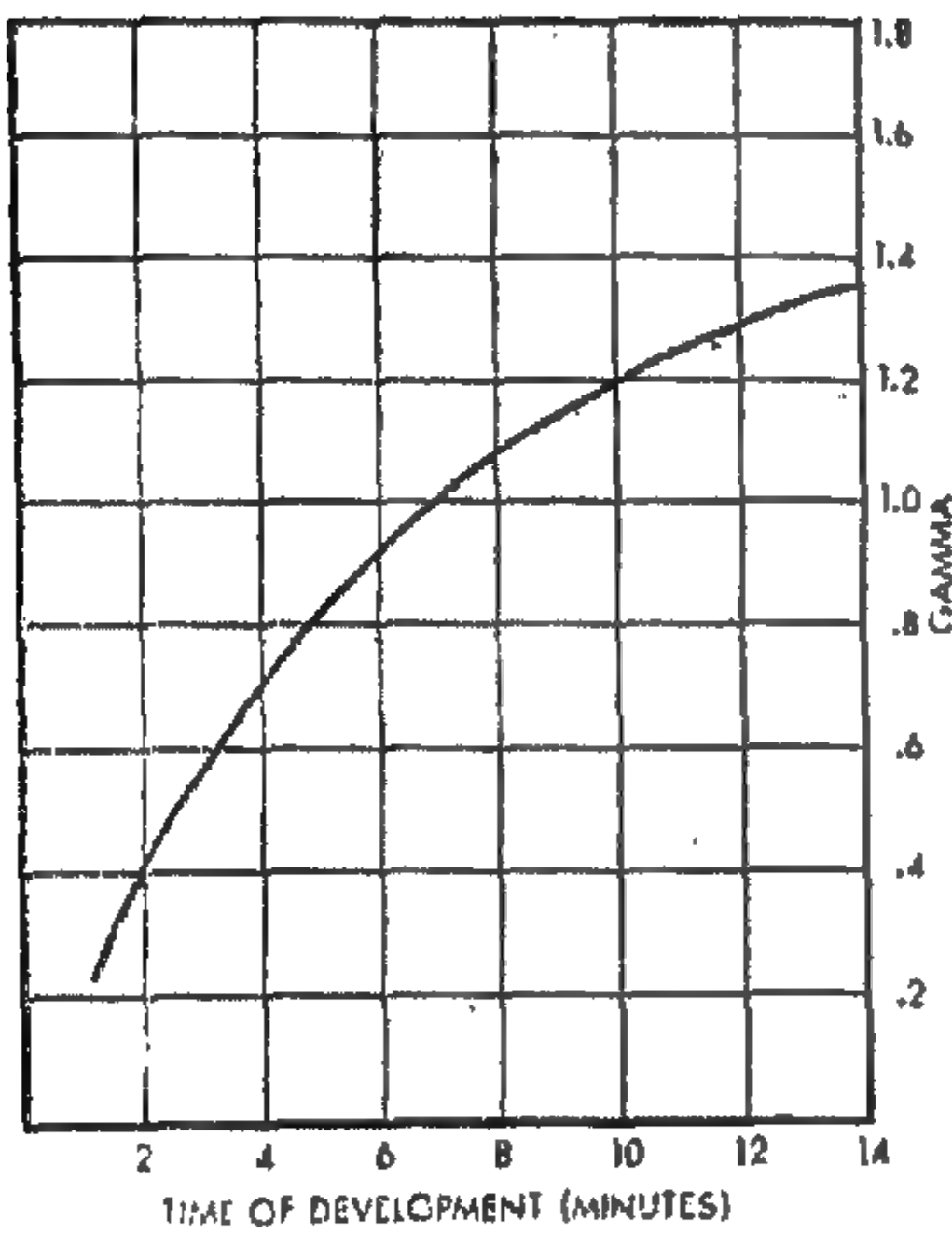
والواقع أنه يمكن الحصول عامة على قيمة الحماما المطلوبة فى أى حالة ، عن طريق تغيير زمن الإظهار داخل مدى محدود .

ويمكن رسم مجموعة من المنحنيات ، مثل تلك المبينة فى الشكل ، لتمثيل العلاقة بين أزمنة الإظهار وقيم الحماما المنتمة لهذه الأزمنة . وينتج لدينا بذلك منحنى عملى ، وقيم جدا ، يسمى « منحنى زمن الإظهار والحاما » . ويتخذ هذا النوع من المنحنيات نفس المظهر العام لذلك المنحنى المبين فى الشكل رقم (٢٥) .

ويمكن الاستفادة من ذلك النوع من المنحنيات فى تحديد زمن الإظهار اللازم للحصول على قيمة جاما معينة ، أو فى تحديد قيمة الحماما التى يتم الحصول عليها عند تشغيل الفيلم على زمن إظهار معين عند درجة ٨٦ فهرنهايت . فمثلا إذا كانت قيمة الحماما التى نرغب فى الحصول عليها هى ٨٠ ، فما علينا إلا أن نحدد مكان هذه القيمة على محور الحماما ، ثم نرسم خطا مستقيما موازيا لمحور زمن الإظهار ونمده على استقامته حتى يقطع منحنى زمن الإظهار والحاما ، ثم نسقط خطا أفقيا من هذه النقطة على محور

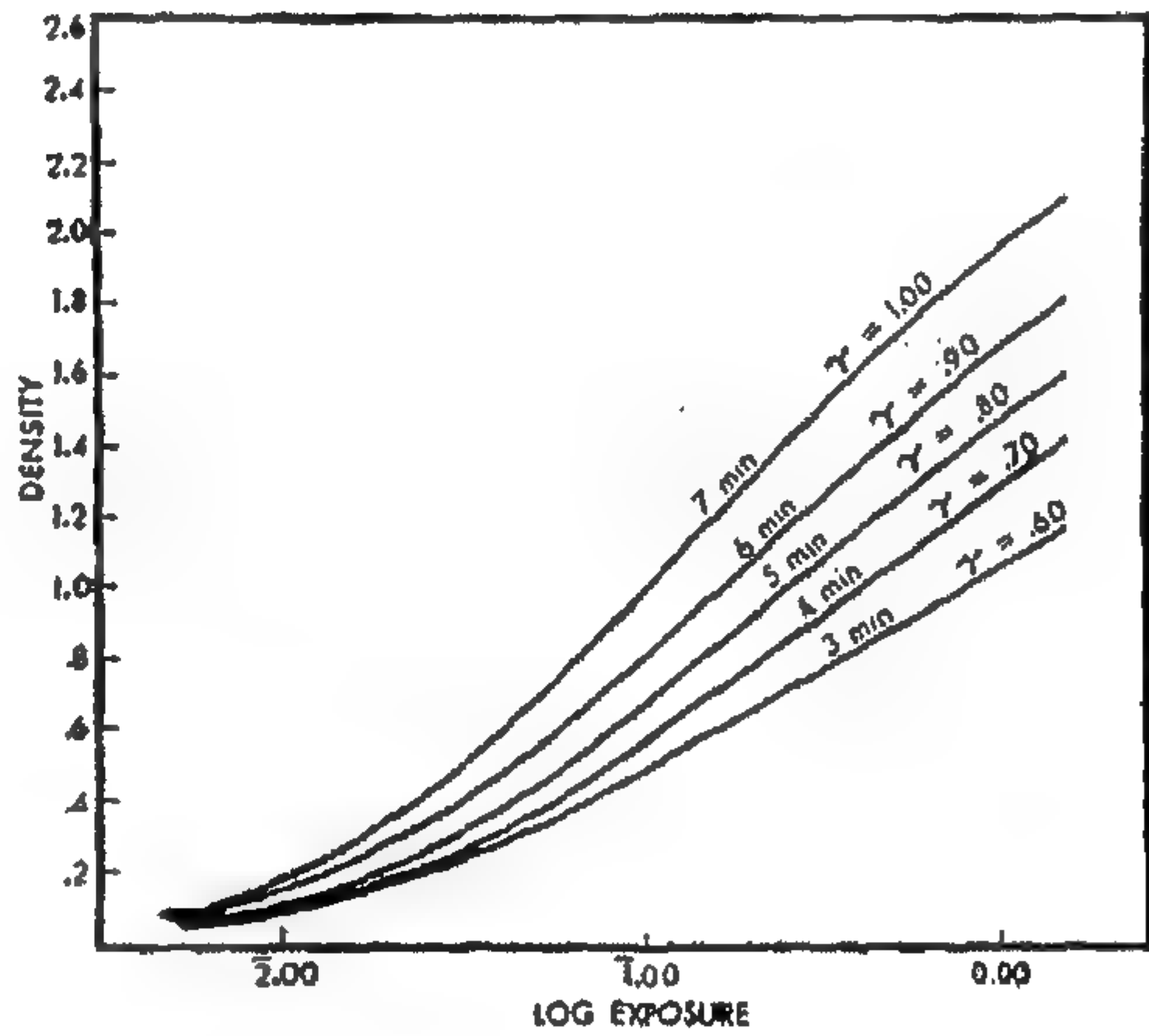
زمن التعريض ، ثم نقرأ على هذا المحور زمن الإظهار اللازم للحصول على قيمة جاما مقدارها ٠,٨٠ ، وهي خمسة دقائق في هذه الحالة بالذات .

ويتم إعداد منحنى زمن الإظهار وقيمة جاما من النتائج التي نحصل عليها من اختبارات قياس الحساسية التي قد عولجت في محلول إظهار درجة حرارته ٦٨ درجة فهرنهايت عادة . ولا تنطبق المعلومات المستخلصة من كل منحنى من تلك المنحنيات التي تمثل العلاقة بين زمنى الإظهار وقيمة الجاما ، إلا على نوع العجينة الذي أجريت اختبارات قياس الجاما عليه . ومن ثم يقتصر استخدام كل منها على عجينة معينة ، ومحلول إظهار معين . وذلك لأن محاليل الإظهار المختلفة لا تختلف عن بعضها البعض من حيث درجات النشاط فقط ، بل إنها أيضا تقوم بإظهار العجائن الفوتوغرافية المختلفة على معدلات إظهار متباينة .



شكل رقم (٢٥)

المنحنى البياني الذي يمثل العلاقة بين الجاما وزمن الاظهار



شكل رقم (٢٤)

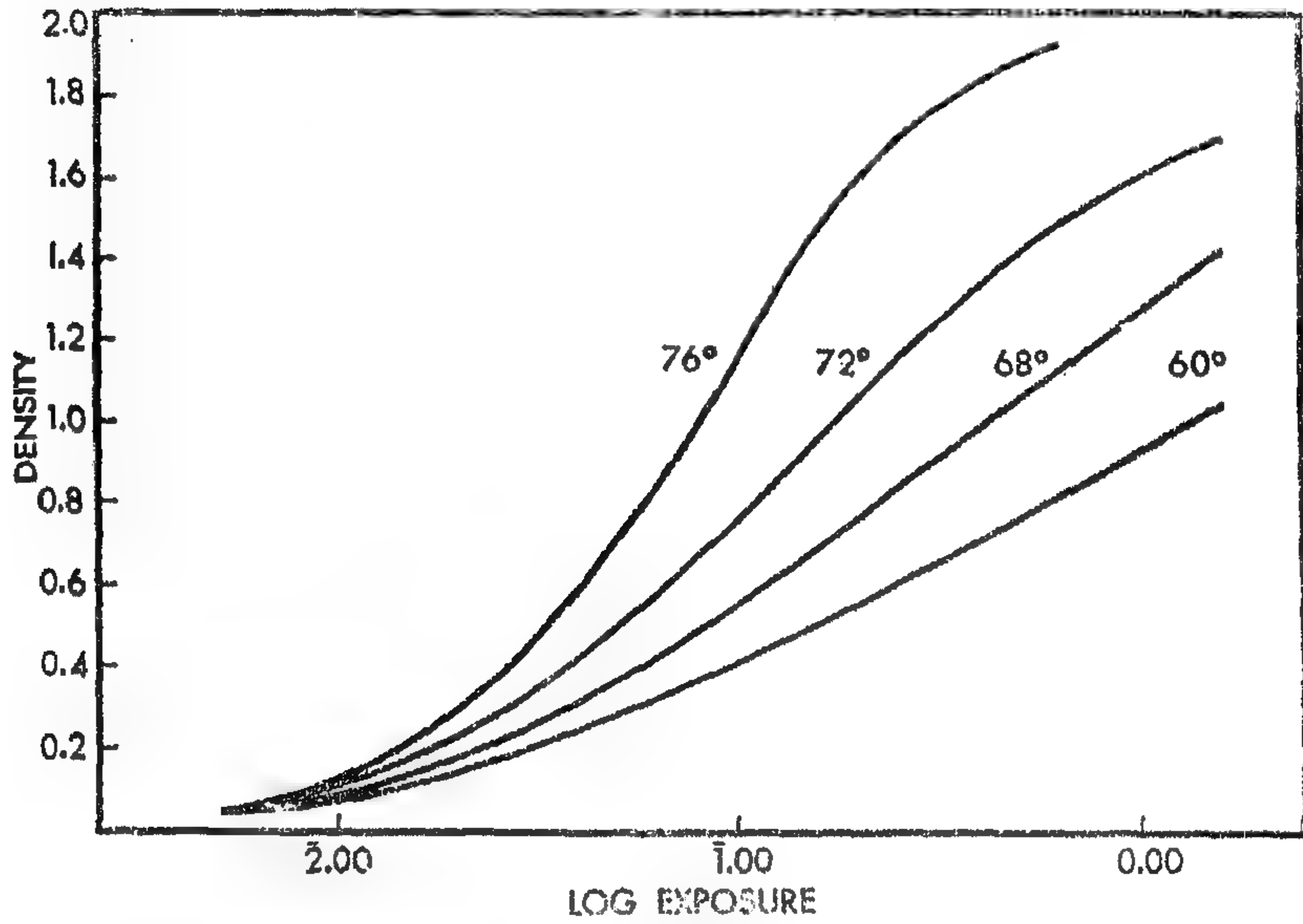
تأثير الزيادة في أزمنة الاظهار

تأثير درجة الحرارة :

يزداد معدل الإظهار بارتفاع درجة حرارة المحلول المظهر . وإذا افترضنا أن المنحنى الخاص بزمن إظهار قدره سبع دقائق في الشكل (رقم ٢٤) يمثل أنسب ظروف التحميض للعجينة الفوتوغرافية (س) ، فإن المنحنى المبين في الشكل يوضح تأثير الزيادة في درجة الحرارة على شكل المنحنى .

ولقد تم الحصول على مجموعة المنحنيات المبينة في الشكل رقم (٢٤) بالإظهار عند درجة ٦٨ فهرنهايت . إذ إن هذه الدرجة تعتبر درجة الحرارة القياسية لتشغيل أغلب الأفلام الأبيض والأسود .

وتزداد سرعة الإظهار بارتفاع درجة الحرارة ، فتتكون بذلك كمية من الفضة أكبر من تلك التي تتكون على نفس العجينة الفوتوغرافية في نفس المحلول المظهر في زمن أقل . وعلى نفس المنوال يؤدي انخفاض درجة الحرارة إلى إبطاء معدل تكون الفضة ، الأمر الذي يؤدي بالتالي إلى انخفاض قيم الكثافة والميل والحاما .



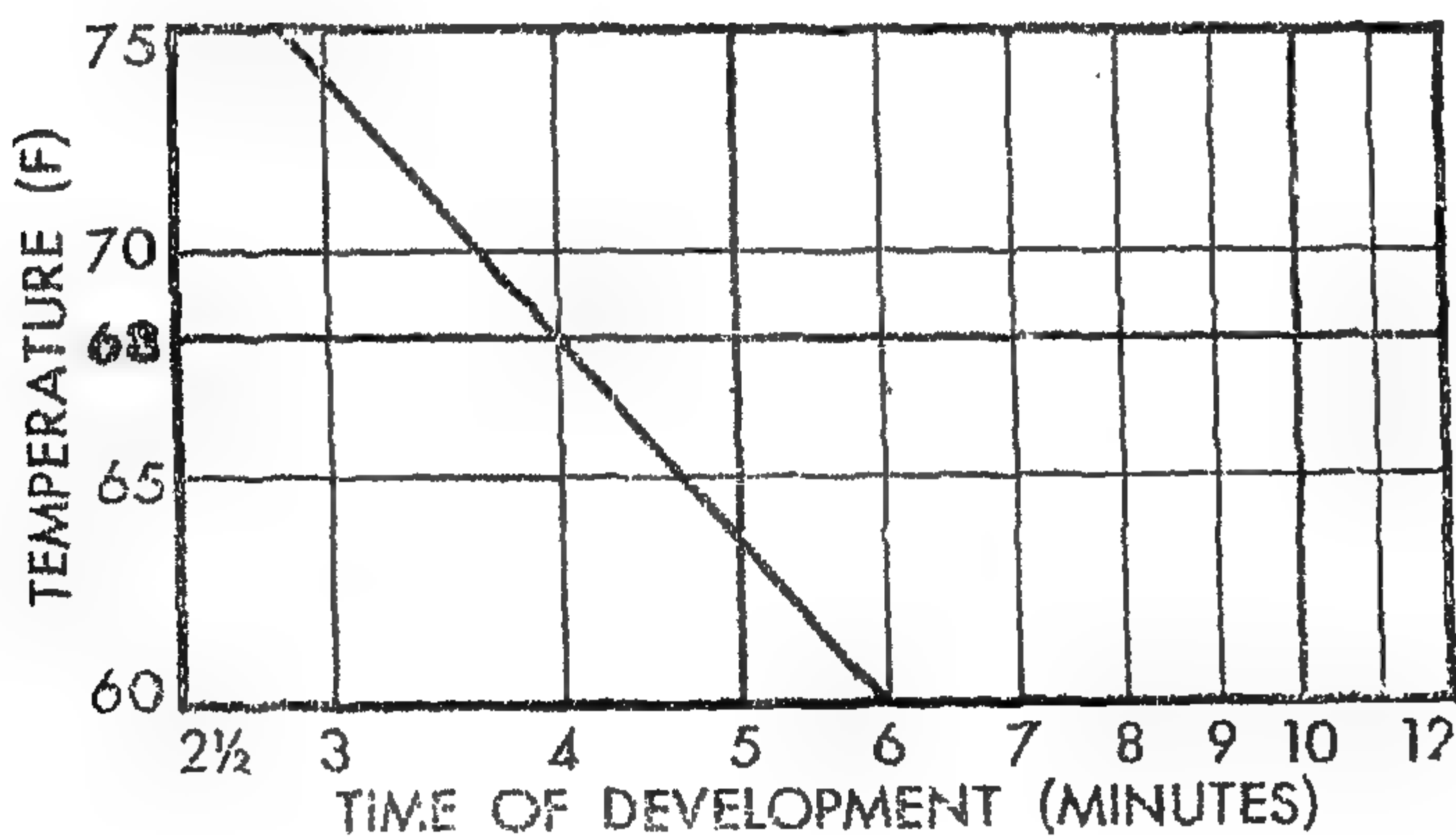
شكل رقم (٢٦)
تأثير الزيادة في درجة الحرارة

ومن وجهة النظر الكيميائية تؤثر درجات الحرارة العليا على معدل التفاعلات الكيميائية، وعلى معدل انتشار المحلول خارج الجلاتين، وعلى مدى تأين أو تفكك المواد الكيميائية في المحلول . وتزداد هذه المعدلات عادة بارتفاع درجة الحرارة .

ويقوم كل منها بدور في التفاعل النهائي . والحقيقة أن تأثير الحرارة معقد للغاية ولكن الاختبارات التي تتم تحت ظروف خاضعة للتحكم والمراقبة، تستطيع أن تكشف عن هذا التأثير بالقدر الذي يفيد التطبيق الفوتوغرافي العملي كثيراً . ومن

المرغوب فيه بالنسبة للتطبيق الفوتوغرافي أن نتعرف على جميع إجراءات الضبط التي يجب اتخاذها عند التشغيل ، عند درجات حرارة عالية ، (عن تلك التي ينصح بها مصنع المادة الفوتوغرافية) ، أو الإجراءات التي يجب أن تتخذ لتصحيح أو تعديل ظروف التشغيل السائدة ، للتغلب على المتاعب الناتجة عن ارتفاع درجة الحرارة . ومن النادر أن يتطلب الأمر القيام بإجراء تجارب بهذا الشأن ، ولا سيما بعد أن عمد مصنعو المواد الفوتوغرافية إلى نشر نتائج في أشكال مناسبة يمكن الرجوع إليها عند الحاجة .

فمثلا ، إذا كانت درجة حرارة محلول الإظهار المتاحة هي ٧٤ درجة فهرنهايت ، فما هو زمن الإظهار الواجب تشغيل الفيلم عليه عند هذه الدرجة للحصول على الدرجة المرغوبة من الإظهار ؟ ويمكننا أن نحصل على منحنى بياني يمثل العلاقة بين زمن الإظهار ودرجة الحرارة بالنسبة لأي عجيبة فوتوغرافية ومحلول إظهار معينين معا ، بإظهار مجموعة من الاختبارات تحت ظروف خاضعة للتحكم والمراقبة عند درجات حرارة مختلفة ، وأزمنة إظهار مختلفة . ومن هذه المجموعات من الاختبارات يتم تعيين زمن الإظهار الذي يعطي درجة الإظهار المرغوبة عند كل درجة من درجات الحرارة التي شملها الاختبار . وبعد ذلك نرصد هذه الأزمنة ودرجات الحرارة على ورقة رسم بياني لإعداد منحنى الحرارة وزمن الإظهار (أي المنحنى البياني الذي يمثل علاقة بين درجة الحرارة وزمن الإظهار) .



الشكل رقم (٢٧)

المنحنى البياني الذي يمثل العلاقة بين زمن الإظهار ودرجة حرارة محلول الإظهار

وحيث إن زمن الإظهار الصحيح بالنسبة للعجينة الفوتوغرافية «س» هو ٤ دقائق عند الدرجة القياسية ٦٨ فهرنهايت ، فإن زمن الإظهار الحديد عند درجة ٧٤ فهرنهايت سيكون ٣ دقائق. ويزداد مدى الإظهار عند درجات الحرارة العالية ، ومن ثم يجب معالجة الفيلم عند أزمنة إظهار أقل ، للحصول على قيمة معينة للجاما عند درجة إظهار معينة .

تأثير التقلب :

لقد ذكرنا أهمية التقلب من قبل وأشارنا إلى أن انعدام التقلب يؤدي إلى تكوين طبقة راكدة أو خاملة من المحلول على سطح العجينة الفوتوغرافية . ويزداد غنى هذه الطبقة بالبروميد - وهو مادة مثبتة كما ذكرنا من قبل - وتستنفذ مادة الإظهار الموجود فيها ، جزئياً .

ويؤدي تقلب محلول الإظهار إلى تصدع الطبقة الراكدة أو الخاملة من المحلول المستعمل ، والسماح لمحلول الإظهار الطازج بالوصول إلى العجينة الفوتوغرافية . وطريقة التقلب المستخدمة ومداه ، هما اللذان يقرران فاعلية الإظهار . ويجب في أى حالة أن يكون التقلب قادراً على توفير معدل متجانس من النشاط فوق أو على كل مساحة العجينة الفوتوغرافية . والتقلب في العادة هام للغاية في اللحظات أو الدقائق القليلة الأولى من زمن الإظهار . إذ يتم خلالها تشرب الجيلاتين وبدء الإظهار . وقد نحصل على تأثيرات غير سوية للغاية عندما نكون طريقة التقلب ومداه غير صحيحين . ويتم تخطيط مراحل عملية التشغيل في نواحي التطبيق الفوتوغرافي الحالية ، على أساس التوصيات التي يصدرها مصنع المواد الفوتوغرافية عادة . وتعد هذه التوصيات بناء على اختبارات قياسات الحساسية التي تجرى بدقة . وإذا رغب المصور أو الفني القائم بالتشغيل في استخدام تلك النتائج المنشورة كدليل له ، فيجب عليه ملاحظة زمن الإظهار الصحيح ، ودرجة الحرارة ، والتقلب . وهذه العوامل هامة لكل ازدواج فوتوغرافي ، أى لكل عجينة فوتوغرافية ومحلول إظهار .

العوامل الكيميائية :

هناك بعض العوامل الكيميائية التي يجب أخذها في الاعتبار جنباً إلى جنب مع العوامل الفيزيائية ، مثل زمن معالجة درجة الحرارة . وبذلك تتوافر المراقبة السليمة للإظهار .

تأثير التخفيف :

يؤدي تخفيف أى محلول سواء أكان حامضاً أو قاعدة أو ملحاً بإضافة الماء إليه إلى نقص تركيز المحلول الذى يصبح بالتالى أقل نشاطاً . فمثلاً إذا أوصى باستعمال تركيز معين من حامض ما فى تنظيف أحد المعادن ، فإن استعمال نفس الحامض على درجة تركيز أقل ، قد يحتاج إلى وقت أطول فى تنظيف المعادن ، أو قد لا يؤثر عليها على الإطلاق . وعلى نفس المنوال لا يؤدي استعمال محلول الإظهار المخفف جداً إلى إنتاج كمية من الفضة على الفيلم تكفى للحصول على صورة سالبة أو موجبة مقنعة . ولكن المظهر محلول كيميائى أكثر تعقيداً (من الحامض المخفف السابق ذكره) ، وهو يحتوى عادة على مواد منظمة للأس الأيدروجينى لتقاوم التغيرات التى قد تلم بمحاليل الإظهار والتى تؤثر على صفاتها المميزة . وبفضل هذا التنظيم تحتل أغلب محاليل الإظهار التخفيف الطفيف ، بدون أن ينتاب نشاطها أى تغير واضح .

وفى الناحية الأخرى يتم تركيب بعض محاليل الإظهار — المعدة للتخزين بقصد استعمالها فيما بعد فى أغراض متنوعة — على درجات تخفيف مختلفة . وفى هذه الحالات تكون مقادير المواد الكيماوية المستخدمة فى تحضير محاليل التخزين كافية بحيث تسمح بإجراء درجات التخفيف الموصى بها للحصول على محاليل إظهار بالصفات المطلوبة لنواحي الاستعمال المتنوعة .

محلول الإظهار الأكثر تخفيفاً يكون أقل نشاطاً عامة ، وهو إما أن ينتج صورة أقل اسوداداً فى زمن تحميض معين ، وعند درجة حرارة معينة ، وإما يحتاج إلى زمن أطول لإنتاج درجة معينة من الإظهار . وحيث إن محاليل الإظهار الفوتوغرافية عبارة عن محاليل كيميائية أكثر تعقيداً ، وإن محاليل الإظهار المتنوعة تختلف فى تركيبها بدرجة كبيرة ، فانه من المستحيل تقريباً أن نتنبأ بالضبط بتأثير التخفيف . إذ لا بد أن نحدد هذه التأثيرات عامة عن طريق الاختبارات العملية . وبعض عناصر الإظهار أقل استجابة من الأخرى لتأثيرات التخفيف ، وتتغير قيم الأس الأيدروجينى فى بعض محاليل الإظهار بسرعة أكبر ، نتيجة لذلك التخفيف .

تأثيرات الاستعمال :

لقد درسنا حتى الآن التأثيرات التي تلم بمحلول الإظهار الطازج فقط . ولقد قررنا من قبل أن محاليل الإظهار يتم تركيبها بحيث تستطيع إظهار مساحة كبيرة من المستحلب بدون حدوث تغير ملحوظ في صفات الصورة الفوتوغرافية . ويتم تحديد الفترة الزمنية التي تستنفذ فيها الحياة النافعة لمحلول الإظهار بناء على الكيفية التي يستطيع بها المظهر أن يقوم بالمهمة المرجوة منه .

وفي أغلب الأحيان يتم استنباط تركيبة تحضير محلول الإظهار ، أو أى محلول فوتوغرافي آخر ، بطرق كيميائية بحيث يقدر المحلول على إنتاج صورة طيبة ، لا على قطعة واحدة من الفيلم أو الورق ، بل على عدة قطع منفصلة يتم تشغيلها فيه بالتتابع . ويعنى هذا أن كل مادة من المادة الكيميائية المستخدمة في التركيبة يجب أن تتواجد بالنسبة الصحيحة اللازمة لإنتاج : (١) صورة مقنعة في المقام الأول (٢) صورة مقنعة في كل قطعة من قطع الفيلم أو الورق التي استقبلت جميعها نفس التعريض الضوئي . وتعتبر التركيبة في صورتها النهائية ، نتيجة لمجموعات من اختبارات قياسات الحساسية قد تم تشغيلها مع مجموعة من الاختبارات التي أجريت تحت ظروف التشغيل العملية . وتمدنا اختبارات قياسات الحساسية بوسيلة دقيقة لاختبار ظروف المحلول عند مراحل مختلفة ، طوال فترة استعماله .

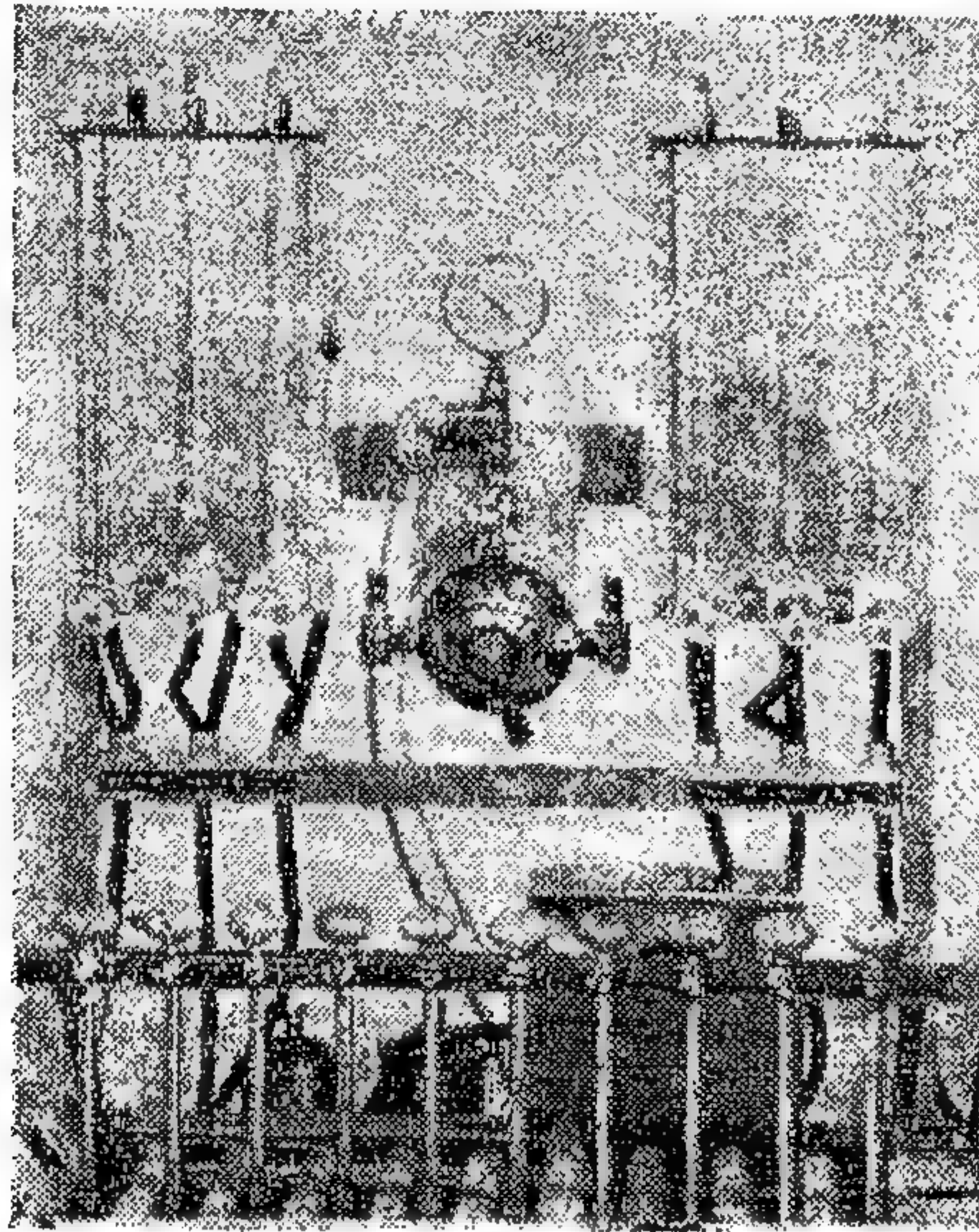
وتصاغ الأرقام الدالة على إنهاك المحاليل باصطلاحات مثل : عدد قطع الفيلم أو الورق في الجالون الواحد^(١) من محلول الإظهار ، أو بدلالة عدد الأقدام المربعة من الفيلم أو الورق التي يتم تشغيلها في الجالون الواحد منه . ومن الوجهة النظرية يجب أن تكون أرقام استهلاك المحاليل بمثابة تمثيل لظروف العمل الفعلية ، ولا سيما بالنسبة للمساحات المعرضة على الفيلم أو الورق . وهذه مسألة هامة حيث إن المحلول المظهر يصبح منهكاً بناء على الفضة التي قام بتكوينها في الصور . ولكن إعطاء أرقام استهلاك مختلفة لكل وجه من أوجه التطبيق المتعددة . ليس أمراً عملياً . ومن ثم يحاول المصنع تزويد المستهلك بمعدل الاستهلاك الخاص بكل تركيبة

(١) استعمال المؤلف وحدات القدم والجالون حيث أنها هي المستعملة في أمريكا
انظر جدول التحويلات في الملحق . (المترجم)

من تركيبات محاليل الإظهار ، وبحيث يستطيع المستهلك استخدام هذا الرقم كدليل في عملية معينة بالذات من عمليات التشغيل .

وللتكنيك المتبع في عملية تشغيل المواد الفوتوغرافية تأثير هام على الحياة النافعة التي يصبح المحلول منها بعداً . فمثلاً في حالة التشغيل داخل الأطباق يستطيع القائم بالتشغيل أن يزيل المحلول من فوق كل فيلم أو قطعة الورق قبل نقلها إلى الطبق (الوعاء) المحتوي على المحلول التالي ، أو قد ينقلها بدون هذه الإزالة . وفي الحالة الأخيرة تحمل المواد الفوتوغرافية معها كمية أكبر من المحلول المظهر ، وبالتالي يقل عدد وحدات المواد الفوتوغرافية التي يمكن إظهارها في المحلول . وبالتالي قد يحول اتباع هذا التكنيك دون القيام بتشغيل نفس كمية المواد الفوتوغرافية الواردة في الأرقام الدالة على استنفاد قدرة المحلول . ولقد أدت مثل هذه الاختلافات المحتملة في تكنيك التشغيل إلى تضمين الأرقام الدالة على الحياة النافعة للمحاليل على معاملات أمان تتيح تداولها بسلام .

ولكننا ما زلنا ننصح بأخذها كدليل فقط .



الشكل رقم (٢٨)

نظام التقوية المستمرة للمحاليل من النوع الذي يستعمل في معامل التشغيل الكبيرة . ويتم التحكم في معدل التقوية بواسطة صحامات ومقاييس لسريان المحاليل ، مثل تلك الظاهرة في الصورة .

التقوية :

من إلهام في كثير من التطبيقات، مثل تلك الخاصة بتشغيل الأفلام السينمائية ، أن تتم المحافظة على صفات محلول الإظهار ثابتة بدون تغيير ، طوال فترة تشغيل كميات كبيرة من الفيلم أو الورق (أى لفترات زمنية طويلة) .

ويمكن تحقيق ذلك باتباع نظام لتقوية المحاليل . وهو عبارة عن إضافة محلول أكثر تركيزاً إلى محلول الإظهار، ولكنه يحتوى على نفس أنواع مكوناته تقريباً^(١) وذلك لتصحيح التغيرات التى ألت بمحلول الإظهار نتيجة الاستعمال . ومن الأفضل أن يتم فى حالات التشغيل الضيقة النطاق، استعمال معدلات التقوية الموصى بها من قبل مصنع المواد الفوتوغرافية بالنسبة لظروف التشغيل العادية . أما فى الحالات المتسعة النطاق — كما فى المعامل السينمائية مثلاً — فقد يتطلب الأمر إجراء عدة اختبارات كيميائية وفوتوغرافية، لضبط تركيز المواد الكيميائية الداخلة فى تركيب محلول التقوية بحيث يصبح ملائماً لمستلزمات موقف معين (أى ظروف تشغيل معينة) .

ويعتمد تركيب محلول التقوية الخاص بمحلول إظهار معين على تركيب محلول الإظهار المستعمل نفسه . ومن الوجهة العامة تحتوى محاليل التقوية على سلفيت الصوديوم بنفس نسبتها فى محلول الإظهار، ولكنها تحتوى على تركيز أكبر من المادة القلوية، ومادة الإظهار، وجمعها تستهلك فى تفاعل الإظهار. ولا يحتوى محلول التقوية عادة على مواد مشبعة ، كبروميد البوتاسيوم مثلاً . وفى بعض الحالات يستعمل محلول مركز من المظهر نفسه كمحلول تقوية. ولكنه ليس من المناسب اتباع ذلك الأسلوب ما لم تصدر توصية خاصة به من قبل مصنع الفيلم الخام

ويتم ضبط محلول التقوية عادة بحيث يمكن المحافظة على درجة نشاط المحلول الأصلية ثابتة عند إضافة كمية كافية منه إلى محلول الإظهار لتحل محل تلك التى تشرّبها الفيلم أو حملها معه ، بالإضافة إلى قيامها بالتعويض عما أُلْم بتركيز المواد الكيميائية من نقص نتيجة التشغيل .

(١) لا يحتوى محلول تقوية محلول الاظهار على مادة البروميد عادة . (المترجم)

ومن هذا يتضح أن محلول التقوية يقوم بوظيفتين : الأولى هي تعويض النقص في حجم المحلول الأصلي نتيجة لما يحمله الفيلم معه منه . والثانية هي تعويض النقص في التركيب الكيميائي ، نتيجة لما يحدث من تفاعلات كيميائية أثناء التشغيل . ونظرا لأن النقص في حجم المحلول يعتمد على كفاية الوسيلة الآلية المستخدمة في إزالة المحلول من فوق الفيلم قبل مغادرته للمظهر ، فإنه لا يمكن الجزم بمقداره ، إذ يختلف مقدار هذا النقص من وسيلة تشغيل إلى الأخرى . ومن ثم يجب إجراء نوع من الضبط بالنسبة لجرعة التقوية ، والصفات الكيميائية لمحلولها ، حتى يصبح نظام التقوية المستخدم ملائما لظروف التشغيل السائدة في حالة معينة بالذات . أى أنه يجب وضع تخطيط دقيق لتكنيك التقوية بالنسبة لكل وسيلة من وسائل التشغيل كما يجب اختباره قبل وضعه في الاستخدام العملى الفعلى . كما يجب التأكد أيضا من أنه قد تم ضبط معدل التقوية بعناية ، وكذلك يجب ملاحظة نشاط محلول الإظهار بدقة طوال فترة الاستعمال .

حمامات الشطف :

يجب إيقاف التفاعلات الكيميائية التي تتم أثناء عملية الإظهار — بسرعة — بعد أن يصل زمن الإظهار الدقيق إلى نهايته ، وذلك حتى يمكن الحصول على درجة الإظهار المرغوبة . وتستعمل حمامات الشطف لهذا الغرض .

وبالنسبة لبعض الازدواجات التي يشتمل كل منها على عجينة فوتوغرافية معينة ومحلول إظهار معين ، يعتبر الماء القراح ملائما لهذا الغرض . ولكن هناك حالات كثيرة تستدعى إضافة حامض إلى الماء ، لجعل المحلول أكثر فاعلية في وقف فعل المظهر ، بسرعة وبطريقة متجانسة . ويسمى مثل هذا المحلول الحامضى من محاليل الشطف باسم « محلول الإيقاف » ، وهو يوقف الإظهار بمعادلته للقلوى أو المادة النشطة التي تشبعت بها طبقة العجينة الفوتوغرافية بعد الإظهار . ويحول محلول الإيقاف دون نشوء الصبغات ذات اللون البنى التي تتكون في بعض الأحيان بتأثير الأكسجين الموجود في الهواء الجوى ، على محلول الإظهار القلوى الموجود على سطح الفيلم أو الورق . كما يمنع المادة القلوية من إنقاص قدرة حمام التثبيت على إكساب الصلابة للجيلاتين . وكذلك يقل انتفاخ الجيلاتين الموجود في العجينة الفوتوغرافية عندما يغمر الفيلم أو الورق في محلول حامضى .

ويعتبر محلول حامض الخليك أكثر حمامات الإيقاف شيوعا في الاستعمال .
ولكنه يجب ألا يرتفع تركيز الحامض بالمحلول للسببين الأساسيين التاليين :
الأول ، هو أن الحامض يستطيع أن يؤثر على الصفات الفيزيائية المميزة لبعض
دعادات الأوراق الفوتوغرافية بطريقة تجعلها هشة جدا أثناء التخفيف أو التخزين .
والثاني ، هو أن الحامض يستطيع أن يتفاعل مع كربونات الصوديوم في بعض محاليل
الإظهار مكونا غاز ثاني أكسيد الكربون داخل بناء المستحلب مسببا تدرنه .
وتحت الظروف السيئة جدا يستطيع حمام الإيقاف ذو الحامضية الفائضة أن يطلق
غاز ثاني أكسيد الكبريت من سلفيت الصوديوم في المحلول المظهر .

ويستطيع محلول الإيقاف الحامضي أن يسمح ببقاء كمية معينة من المادة القلوية
في محلول الإظهار الذي حمله الفيلم أو الورق معه قبل أن تفقد فاعليتها . ويمكن
اختبار ذلك بواسطة صبغات الأدلة الكاشفة التي يتغير لونها عندما تهبط حامضية
المحلول إلى منطقة الخطر .

وقيمة الأس الأيدروجيني لمحاليل الإيقاف الطازجة المحتوية على حامض الخليك
هي ٣,٥ تقريبا . أما بالنسبة للحمام المستعمل المنهك فهي حوالي ٥,٥ . ويمكن
بإضافة حامض الخليك الذي قوته ثمانية وعشرون في المائة، إعادة الأس الأيدروجيني
لمحاليل الإيقاف إلى قيمتها الأصلية، وذلك بالنسبة لعمليات تشغيل الأفلام . أما في حالة
تشغيل الورق فانا لا نوصي باستخدام هذه التقوية على أية حال ، وذلك لأن نتائج
التفاعل التي تتجمع في الحمام أثناء الاستعمال ، قد تسبب حدوث أنظمة متنوعة من
البقع على الورق ، إذا ما رغب المصور في تلوينه بعد ذلك .

اقتراحات عملية :

- يمكن تلخيص المناقشة العامة السابقة عن الإظهار في مجموعة من الحقائق البسيطة
إلى حد ما بالنسبة للمصور الفوتوغرافي ، أو الفني القائم بالتشغيل ، في النقاط التالية :
- ١ - استعمل تركيبات الإظهار الموصى بها لتشغيل المادة الفوتوغرافية المستخدمة
 - ٢ - عليك تحضير محلول الإظهار بدقة - إما طبقا للتركيبات المنشورة ، أو
للتعليمات الموجودة في عبوات محاليل الإظهار .

- ٣ - استعمل المواد الكيميائية التي تتميز بأعلى درجات النقاء .
- ٤ - أذب المواد الكيميائية بالترتيب الوارد في التركيبات المنشورة ، وتأكد من أن كل مادة قد تمت إذابتها قبل إضافة المادة التالية .
- ٥ - استصلح لنفسك طريقة قياسية في التشغيل : بالنسبة لزمن الإظهار ، ودرجة الحرارة ، والتقليب ، وكمية المادة المطلوب تشغيلها .
- ٦ - استخدم درجة الإظهار التي هي أكثر ملاءمة لنوع العمل والجهاز المستعمل . ويجب أن يبنى هذا على الخبرة السابقة ، أو الاختبارات التي يمكن فيها استخدام النتائج المنشورة ، كدليل للاسترشاد به .
- ٧ - اغسل المواد الفوتوغرافية بالماء وثبتها طبقا للطريقة الموصى بها .

الباب الحادى عشر

محاليل التثبيت الفوتوغرافية

يتم إظهار الصورة الكامنة التى نشأت على الفيلم أثناء التعريض ، فى محلول الإظهار، لإنتاج الصورة المرئية . وتظل العجينة الفوتوغرافية حتى هذه المرحلة من مراحل التشغيل محتوية على هاليدات الفضة التى لم تستقبل تعريضا ضوئيا . والهدف من حمام التثبيت هو إزالة هاليدات الفضة التى لم تتعرض للضوء من على العجينة الفوتوغرافية ، ومن ثم جعل الصورة أطول دواما .

وتتضح أهمية حمام التثبيت فى التصوير الفوتوغرافى من حقيقة أن اكتشاف طريقة عملية لإنتاج الصور الدائمة قد تأجل ثلث قرن، من بعد أن أعلن ويدجود ودافى Wedgewood and Davy فى سنة ١٨٠٢ حصولهما على صورة لم يستطيعا المحافظة عليها طويلا لعدم معرفتهما لمادة التثبيت . وما إن أصبحت فى متناول اليد مادة تثبيت عالية الكفاية حتى انطلق تطور العملية الفوتوغرافية بخطى سريعة ، واتسع انتشار تطبيقاتها العملية .

ويجب أن يبنى عنصر التثبيت المناسب لعجائن هاليدات الفضة بالمستلزمات الآتية : (١) يجب أن يكون قادرا على إذابة هاليدات الفضة تماما . (٢) يجب أن يكون مع الهاليدات أملاح تذوب فى محلول التثبيت نفسه، وتبقى على حالتها المركبة عند تخفيفه، حتى لا تنفصل وتتفكك عند الغسيل . (٣) يجب ألا يهاجم الجيلاتين . (٤) يجب ألا تؤثر بدرجة خطيرة على حيبيات هاليدات الفضة التى قد تعرضت للضوء .

وهناك مركبات عديدة تستطيع إذابة هاليدات الفضة ، ولكن أغلبها لا يبنى

بكل الشروط الضرورية السابقة . ومن هذه المركبات مايلي : سلفيت الصوديوم ، والنوشادر ، وأيوديد البوتاسيوم ، والثيويوريا ، والسيانيد . ولكن المادة التي تنفي بجميع المستلزمات السابقة هي الثيوسلفات فقط . وهي تفعل ذلك إلى الدرجة الكبيرة التي تجعلها جديرة بالاهتمام في التصوير الفوتوغرافي عامة . وقد ثبت أن ثيوسلفات الصوديوم ص ٢ ك ب ٢ أ ٣ . ٥ يد ٢ — ثيوسلفات الأمونيوم (سيد ٢) ٢ ك ب ٢ أ ٣ أنسب المواد من الناحية العملية سواء من الوجهة الكيميائية أو الاقتصادية .

كيمياء عملية التثبيت :

يمكن وصف سلوك المركبات الشحيحة الذوبان جدا في الماء مثل بروميد الفضة بمعادلة شبيهة جدا بتلك المعطاة في الباب السابق لوصف تحلل الماء ، حيث :

$$(ف +) \times (بر -) = \text{مقدار ثابت}$$

ويعني هذا، كما ذكرنا من قبل، أن حاصل ضرب تركيز أيون الفضة في تركيز أيون البروميد مقدار ثابت . ومن ثم يؤدي إنقاص تركيز أيون الفضة الحر بأي طريقة من الطرق إلى زيادة تركيز أيون البروميد . مما يعني إمكان إذابة قدر أكبر من الفضة .

وتتحد الثيوسلفات مع الفضة مكونة مركبات ثابتة جدا . ومن ثم فهي تنقص من تركيز أيون الفضة الحر في المحلول . وكذلك يصبح من الممكن أن يستمر بروميد الفضة وهاليدات الفضة الأخرى في الذوبان . ومن ثم فإن ثيوكبريتات الصوديوم وثيوكبريتات الأمونيوم مادتان صالحتان للعمل كمذيبات لهاليد الفضة .

وتشير الدراسات الكيميائية إلى أنه من المحتمل تواجد مركبات عديدة لثيوسلفات الفضة في محاليل التثبيت المستعملة ، وأن تركيبها يتغير بالتدريج كلما تمت إذابة كمية أكبر من هاليدات الفضة . وهذه المركبات قابلة للذوبان عامة في حمام التثبيت وفي الماء . وهي لا تتحلل عند تخفيف المحاليل المحتوية عليها بالماء أثناء مرحلة الغسيل . ولكن هناك دليل ما يؤكد أن أحد هذه المركبات المعقدة قد يكون أقل ذوبانا من الآخرين بعض الشيء ، أو على الأقل، لا تتم إزالته بنفس

السهولة بواسطة ماء الغسيل . ويتكون هذا المركب عندما يزداد التركيز الكلى للفضة في المحلول عن حد معين . وسوف نناقش التأثيرات العملية لذلك فيما بعد .

مكونات أخرى :

تحتوى محاليل التثبيت العملية بالاضافة إلى ثيوسلفات الأمونيوم أو الصوديوم (واسمها هو الهيبو) المتمتعين بدرجة النقاء الفوتوغرافية ، على عدد من المكونات الأخرى التى تقوم بوظائف خاصة متنوعة .

الحامض :

يجب أن يكون محلول التثبيت قادرا على معادلة أى قدر من محلول الإظهار القلوى الذى قد يحمله الفيلم داخل طبقة العجينة الفوتوغرافية الموجودة عليه حتى نتجنب المشاكل المحتملة المختلفة . ولا بد من إضافة حامض إلى المحلول ليصبح قادرا على القيام بهذه المهمة . ولكن إضافة حامض قوى إلى محلول الهيبو ، قد تؤدي إلى تفكك الأخير (أى الهيبو) حيث يتحلل مكونا معلقا دقيقا من الكبريت في المحلول . ويكتسب الفيلم الذى يتم تثبيته في هذا المحلول مظهراً معتماً عند تجفيفه ، إذ يقتحم الكبريت الغروى بناء العجينة الفوتوغرافية في أثناء التثبيت . ولا يزيله الغسيل . ولا يمكن الحصول على طبقات عالية الجودة من مثل هذا الفيلم السالب المعتم . ولا يمكن طبعه في أحسن الظروف إلا بصعوبة بالغة . ومن حسن الحظ ، أن الحامض الضعيف مثل حامض الخليك ، ينتج الكبريت الغروى ببطء شديد . ولذلك يمكن استعماله في محلول التثبيت ، مع إضافة مادة حافظة تمنع انفصال الكبريت من الثيوسلفات .

المادة الحافظة :

تعتبر سلفيت الصوديوم (ص ٢ ك ب ٣) أكثر المواد الحافظة استعمالاً ، إذ إنها تتفاعل في المحلول مع الكبريت الغروى طبقاً للمعادلة ونتيجة ثيوسلفات الصوديوم :



والواقع أن كيمياء هذه العمليات أكثر تعقيداً مما توضحه المعادلة ، ولكن هذه المعادلة تعتبر تمثيلاً كافياً للنتيجة النهائية .

ملحوظة :

يستخدم ، سلفيت الصوديوم كمادة حافظة في محاليل الإظهار الفوتوغرافية أيضاً ، ولكن فعلها في هذه الحالة يختلف تماماً عن فعلها في محاليل التثبيت .

المادة المكسبة للصلابة :

تحتوى محاليل التثبيت عامة على مادة مكسبة للصلابة . وذلك لمنع الانتفاخ والتطرية الزائدين اللذين قد تعاني منهما العجينة الفوتوغرافية في أثناء الغسيل ، وما يترتب على ذلك من خطر إصابتها بالضرر الميكانيكى . وشب البوتاش هو أكثر المواد المكسبة للصلابة شيوعاً في الاستعمال لهذا الغرض .

المواد المنظمة للتغير في قيمة الأس الأيدروجينى :

يجب أن يقدر محلول التثبيت —حتى يكون أكثر فائدة من الناحية العملية — على احتمال التأثير الناتج من إضافة كمية جديدة بالإعتبار من محلول الإظهار إليه ، بدون أن يعانى إلا من مجرد تغير طفيف في قيمة الأس الأيدروجينى ، أى أن المحلول يجب أن يحتوى على مادة منظمة للأس الأيدروجينى ، وأن يحتوى في نفس الوقت على احتياطي كبير من الحامضية . ومن ثم يستخدم حامض الخليك وسلفيت الصوديوم بكميات كافية وصحيحة من حيث نسبهما ، للوفاء بهذه المستلزمات . وكذلك يترتب على إضافة المادة المكسبة للصلابة ، مثل شب البوتاش ، حدوث تأثير محدد على عملية تنظيم الأس الأيدروجينى للمحلول . ولذلك يستعمل حامض البوريك بالإضافة إلى حامض الخليك لتحسين التأثير المنظم والصفات المميزة لمقاومة تكون الطين أو الغرين في المحلول .

ومن الهام في التطبيق العملى ، أن تتوافر محاليل تثبيت تتمتع بالصفات العامة الآتية : منع تكون الكبريت الغروى في المحلول ، نشوء الحد الأدنى من كمية الطمي (الغرين) بالمحلول ، وأن تحتوى على مواد تنظم التغيرات التى تلم بالأس الأيدروجينى في نطاق المدى الذى يظل فيه شب البوتاش عاملاً فعالاً من حيث مقدرته على إكساب الصلابة .

أنواع محاليل التثبيت :

يمكن تصنيف محاليل التثبيت بناء على تركيبها الكيميائي إلى ثلاث فصائل عامة : محاليل التثبيت القراح ، ومحاليل التثبيت الحامضية ، ومحاليل التثبيت الحامضية التي تكسب الجيلاتين صلابة . وتحتوى محاليل التثبيت القراح على الهيبو فقط بدون أية مكونات أخرى معه . وتصل قيمة الأس الأيدروجيني لهذه المحاليل إلى حوالى ٥.٢ . وحيث إن محاليل الهيبو القراح لا تحتوى على مواد منظمة ، فإن التغيرات في قيمة الأس الأيدروجيني تكون سريعة جداً ، ولا يقبل المحلول التلوث بالقدر الكبير من محاليل الإظهار أو الإيقاف . إذ إن محلول الإظهار يرفع الأس الأيدروجيني بسرعة ، وبالتالي لا يستطيع المثبت أن يوقف عملية الإظهار بالكيفية الفعالة المطلوبة . بينما يؤدي التلوث بمحلول الإيقاف إلى خفض قيمة الأس الأيدروجيني بسرعة ، ويتكون الكبريت الغروي في محلول التثبيت . وتعتبر هذه الفصيلة غير كافية ، من وجهة النظر العملية ، لتشغيل كميات كبيرة من الفيلم أو الورق . وهى في الحقيقة أكثر نفعاً في أعمال التجارب التي تقتضى تثبيت شريحة اختبار واحدة أو لوح فوتوغرافى واحد في المحلول ، ثم إهماله بعد ذلك .

حامات التثبيت الحافظة :

وفيها تضاف إلى الهيبو كمية من سلفيت الصوديوم ، وحامض الخليك بهدف زيادة الحياة النافعة لمحلول الهيبو . وأحياناً تستعمل مادة باي سلفيت الصوديوم Sodium Bisulphite بدلا من حامض الخليك في هذه المحاليل . فهى ملح حامض كما يتضح من رمزه الكيميائي (ص يدكب أم) . ومن أمثلة هذه الفصيلة محلول التثبيت كوداك ف - ٢٤ Kodk Fixing Bath F-24 . وتتراوح قيمة الأس الأيدروجيني لهذا النوع من المحاليل فيما بين ٤.٦ و ٥.٠ تقريباً .

ويعتبر هذا النوع من المحاليل ذا فائدة ، عندما لا تكون هناك حاجة إلى إكساب العجينة الفوتوغرافية صلابة إضافية . وينصح باستعمالها خاصة في بعض التطبيقات الفوتوغرافية التي تتطلب إجراء عمليات غسيل سريعة . وهما كان الأمر ، فإن محاليل التثبيت الحامضية المكسبة للصلابة تستخدم في تثبيت كل من الأفلام والأوراق .

المحاليل الحامضية القوية للجيلاتين :

وأكثر محاليل هذه الفصيلة شيوعاً في الاستعمال هي تلك المحتوية على شب البوتاش والتي يتم تركيبها بحيث تصل قيمة الأس الأيدروجيني المميزة لها إلى ١٤ تقريباً . وعند هذه القيمة المنخفضة للأس الأيدروجيني تتميز محاليل التثبيت بحياة نافعة أطول بكثير من تلك التي تتميز بها المحاليل ذات القيم الأعلى للأس الأيدروجيني . وهي ذات أهمية في عمليات التشغيل المتسعة النطاق للصور السالبة والموجبة . ويؤدي احتواء محاليل التثبيت على حامض البوريك إلى تزويدها أساساً بصفات تقوية للجيلاتين وإلى تحسين الصفات المميزة لحياتها النافعة . وكنموذج لهذه المحاليل حمام التثبيت كوداك ف - ٥

حمام التثبيت كوداك « ف - ٥ » : Kodak Fixing Bath F-5

ويوصى باستخدام هذا الحمام في الأغراض العامة ، وفي الحالات التي تميل فيها الصور الموجبة المطبوعة على الورق إلى الالتصاق بشرائط أو إطارات أدوات التجفيف ، أو في الحالات التي تلين فيها في أثناء عمليات التلوين فيما بعد . ويمتاز هذا الحمام عن النماذج القديمة من محاليل التثبيت التي لا تحتوى على حامض البوريك ، بأنه يعطى صفات تقوية أفضل بكثير ، وبأنه أقل ميلاً إلى ترسيب سلفيت الألومنيوم كطمي (غرين) في المحلول .

بالوحدات المترية	Avoirdupois U.S. Liquid	بوححدات
٦٠٠ سم ٣	٨٠ أوقية	الماء عند درجة حرارة ١٢٥ فهرنهايت (٥٥°م)
٢٤٠ جرام	٢ رطل	ثيوسلفات الصوديوم (الهيبو)
١٥ جرام	٢ أوقية	سلفيت الصوديوم المخففة
٤٨ سم ٣	٦ أوقية	حامض الخليك ٢٨ ٪
٧,٥ جم	١ أوقية	بلورات حامض البوريك
١٥ جم	٢ أوقية	شب البوتاش
لتر واحد	جالون واحد	يضاف ماء بارد لتكملة الحجم إلى

وعند التشغيل في المناطق الحارة ، أو عند درجات الحرارة المرتفعة ، قد لا يستطيع محلول التثبيت المحتوى على شب البوتاش أن يكسب العجينة الفوتوغرافية قدراً مناسباً من الصلابة .

ويوصى في بعض هذه الحالات باستعمال محاليل التثبيت المحتوية على شب الكروم لأن قدرته على إكساب الصلابة الجيلاتينية أكبر من قدرة شب البوتاش على ذلك . ولكن هناك بعض المصاعب العملية التي لا يمكن تجاهلها عند استعمال المحاليل المحتوية على شب الكروم . فلا بد في حالة استخدامه أن تتم المحافظة على قيم الأس الأيدروجيني فيما بين ٣,١ ، ٣,٨ ، حتى لا يتكون راسب جيلاتيني من أيدروكسيد الكروم $[Cr(OH)_3]$ إذا زادت قيمة الأس الأيدروجيني عن ٣,٨ ، ومن الصعب إزالة هذا الراسب من على أسطح الأفلام . ويقتضى الحصول على ذلك المدى من الأس الأيدروجيني ، أن يتم استعمال حامض قوى مثل حامض الكبريتيك . ويتمتع المحلول بفعل تنظيمي ، إلا أنه ومن الصعوبة أن تتم المحافظة في التطبيق العملي على هذه المراقبة الحازمة للأس الأيدروجيني . كما أنه قد ثبت أن هذه المحاليل تتغير بمرور الزمن ، حتى وإذا لم تدخل في تركيبها مواد جديدة نتيجة لما يحمله الفيلم إليها من المحاليل التي مر بها قبلها .

ولا تستعمل حمامات التثبيت المحتوية على شب الكروم في عمليات تثبيت الصور الفوتوغرافية المطبوعة ، لأن اللون الأخضر المميز لمحاليلها يستطيع أن يصبغ الورق بلون غير مرغوب فيه ، ولأن هذا النوع من المواد الفوتوغرافية لا يحتاج عادة إلى ذلك القدر الزائد من التقوية الذي يوفره محلول الكروم ، إذ يتم إكساب العجائن الفوتوغرافية المستخدمة في صناعة الورق قدراً مناسباً من الصلابة في أثناء التصنيع .

الزمن اللازم لتثبيت الأفلام أو أوراق الطبع :

يوصى مصنعو المواد الفوتوغرافية والكيمائيات في نشراتهم المطبوعة بالآزمنة التي يجب أن يتم تثبيت منتجاتهم عليها . وتقوم هذه التوصيات على النتائج التي تستخلصها المعامل الفوتوغرافية من التجارب ، وكذلك على الخبرة التجارية في استعمال محاليل التثبيت . وتتميز جميع العجائن الفوتوغرافية المحتوية على هاليدات الفضة بأنها معتمدة بسبب الهاليدات العالقة فيها . وتصبح العجينة الفوتوغرافية شفافة بعد قيام المثبت بإذابة هاليدات الفضة . ويسمى الزمن اللازم لمعالجة عجينة فوتوغرافية معينة في محلول التثبيت حتى تصبح شفافة بزمن التوضيح ، وهو بمثابة الأساس الذي تنبى عليه أزمنة التثبيت .

ومن الوجهة الكيميائية تذوب الهاليدات في محاليل التثبيت مكونة مركبات فضة معقدة . ولكن بعض هذه المركبات غير قابلة للذوبان في الماء ، ولا يمكن إزالته من على الفيلم في أثناء الغسيل .

ومن ثم يجب معالجة العجينة الفوتوغرافية في محلول التثبيت لفترة زمنية طويلة بالقدر الذى يكفى للتأكد من تكون المركبات القابلة للذوبان في الماء . ويمكن ضمان ذلك عامة بالسماح ، للفيلم بالبقاء في محلول التثبيت زمناً يساوى ضعف ذلك الزمن اللازم لتوضيحه . ومن الجدير بالذكر أن زيادة زمن المعالجة في محلول التثبيت إلى ما بعد زمن التثبيت المحسوب على الأساس السابق لا تؤدي إلى إضفاء أى قدر أكبر من السهولة على عملية إزالة مركبات هاليد الفضة ، بل إنها ، قد تجعل عملية الإزالة أكثر صعوبة في حالة الورق .

وقد وجد على هذا الأساس أنه يمكن تثبيت الأنواع المختلفة التالية من العجائن الفوتوغرافية على الأزمنة المبينة قرين كل منها :

أوراق الطبع	من ٤٥ إلى ٧٠ ثانية
الأفلام الموجبة	من ٤٥ إلى ٦٠ ثانية
الأفلام السالبة	من ٢ إلى ٧ دقائق

ويعتمد الزمن اللازم للتوضيح على كثافة طبقة العجينة الفوتوغرافية وبالذات على كمية هاليدات الفضة الموجودة داخلها . فمثلاً تتميز العجائن الفوتوغرافية المستخدمة في تصنيع أوراق الطبع بالتلامس بأنها رقيقة جداً ، وهى تحتوى عامة على كلوريد الفضة ، حيث تكون عادة على هيئة حبيبات أكثر دقة ، وأكثر قابلية للذوبان ، من حبيبات بروميد الفضة أو أيوديدها . والعجائن الفوتوغرافية السالبة أكثر سمكاً ، وتحتوى على بروميد الفضة ، وفي بعض الحالات تحتوى أيضاً على الأيوديد . وإذا أردنا الحديث بنوعية أكثر ، فإن النوع الأزو من ورق كوداك Kodak azo Type يتم توضيحه في فترة زمنية تنحصر فيما بين خمس عشرة ثانية وعشرين ثانية ، بينما يحتاج النوع تراى - اكس من الفيلم كوداك إلى زمن توضيح قدره ثلاث دقائق .

وكلما ازدادت كمية الأفلام التى يتم تثبيتها في حمام ما ، ازدادت كمية الفضة التى تنشأ فيه ، بسبب احتوائه على مركبات الفضة المعقدة . والنتيجة هى أن يصبح

المحلول المثبت أكثر بطئا في عمله ، مما يستدعى زيادة أزمته التوضيح اللازمة لعجينة فوتوغرافية معينة . وهناك حدود لكميات الفضة المسموح بتواجدها في المحلول المثبت . فعندما يصل تركيز الفضة إلى قدر معين ، تتكون مركبات أقل قابلية للذوبان نسبيا ، ولا يمكن إزالتها من على العجينة الفوتوغرافية بالغسيل . ومن ثم يجب التوقف عن استعمال محلول التثبيت قبل أن يصل إلى هذه الحالة . وفي ظل ذلك التغير المستمر في تركيب المحلول المثبت ، لا بد من زيادة زمن التثبيت الموصى به ، حتى يصبح على الأقل مساويا لضعف الزمن اللازم للتوضيح في المحلول المستعمل .

وينحطى القلب في التثبيت - كما في الإظهار - بأهمية كبيرة للغاية . ويجب المحافظة على الأفلام أو الأوراق المطبوعة منفصلة تماما عن بعضها في أثناء التثبيت بحيث يكون سطح المادة الفوتوغرافية بأكمله في تلامس مستمر مع المحلول . ولسوء الحظ أن هذه الطريقة لا تتبع دائما في التطبيق العملي ، مما يحتم ضرورة تضمين زمن التثبيت الموصى به على عامل أمان ، أى أن يكون زمن التثبيت المستخدم أكبر من ذلك اللازم نظريا . وذلك حتى نستطيع الحصول على نتائج عالية الجودة في ظروف تشغيل لا يتوافر بها تقليب ملائم أو لا يمكن فيها فصل المواد الفوتوغرافية عن بعضها في أثناء عملية التثبيت . ومن ثم فإن أزمته التثبيت الموصى بها ، تريد بقدر لا يمكن اغفاله عن ضعف الزمن اللازم للتوضيح للأسباب الآتية : (١) استمرار كمية الفضة التي يحتوى عليها المحلول المثبت في الازدياد ، (٢) الحاجة إلى عامل أمان يسمح بالتشغيل في ظروف تسودها فنيات صناعية فقيرة .

الحياة النافعة للمحلول المثبت

عندما تصل كمية الفضة بالمثبت إلى الحد المسموح به ، يقال إن الحمام قد أصبح منهكاً . ويعنى هذا - من وجهة النظر العملية - أنه يمكن تشغيل مساحة معينة من الفيلم أو الورق قبل التخلص من المحلول . ويقدر المصنعون في أغلب الأحيان مدى طول الحياة النافعة لمحاليل التثبيت بدلالة عدد اللفات أو الألواح التي يمكن تثبيتها في الجالون الواحد من المحلول عادة . ولا يجب اعتبار تلك الأرقام أكثر من مجرد أرقام تقريبية ، تستخدم كدليل بالنسبة للفنى للقائم بالتشغيل ، لأنه

من المستحيل بالنسبة للمصنع ، أن يتم التنبؤ بالضبط بكمية الفضة التي سوف نضيفها إلى المثبت كل لفة أو لوحة من المواد الفوتوغرافية . .

فمثلا إذا كانت الصور التي يتم تثبيتها عبارة عن لوحات خطية أو رسوم منسوخة ، فإن أغلب هاليدات الفضة الموجودة على المادة الفوتوغرافية سوف تستقبل تعريضاً ضوئياً ، ولا يحرم من الضوء إلا تلك المساحات التي تنتمي إلى الخطوط فقط . ومن ثم يتم إظهار أغلب هاليدات الفضة التي تحتوى عليها العجينة الفوتوغرافية حيث تختزل إلى فضة معدنية ، ولا تذوب في الهيبو إلا كمية قليلة جداً من هاليدات الفضة . وفي الناحية الأخرى فإن صورة سالبة لجسم صغير موضوع أمام خلفية سوداء ، سوف تستغل من حيث المقارنة ، كمية صغيرة من الفضة في الصورة ، وتذوب في المحلول المثبت كمية أكبر من هاليدات الفضة . وبناء عليه فإن تركيز الفضة بالمحلول المثبت في الحالة الأخيرة سوف يصل إلى الحد المقرر بعد تشغيل ، عدد أقل من الألواح الفوتوغرافية .

وهناك عامل هام آخر ، يؤثر على الحياة النافعة للمثبت ، هو تخفيف المحلول بما يحمله إليه الفيلم ، سواء من المظهر أو من محلول الإيقاف .

ويستطيع التخفيف أن يؤثر على الحياة النافعة لمحلول التثبيت ، بسبب انخفاض تركيز المواد الكيماوية به . كما قد تتأثر طاقته المنظمة ، وينقص معدل التثبيت .

ويمكن إجراء اختبارات بسيطة سهلة على المحلول المثبت لتحديد كمية الفضة التي يصبح المحلول - عند احتوائه عليها - منها ، مما يترتب عليه ضرورة التخلص منه . وتتجلى الفائدة الأساسية التي يحققها هذا الاختبار في السماح باستعماله إلى أقصى حد ممكن ، مع ضمان استمرار قدرته على التثبيت الجيد تحت أى ظروف عمل نوعية . . ويجب أن يتم تصميم أى اختبار للفضة بحيث يبين بالضبط متى يصل تركيز الفضة بحمام التثبيت إلى الحد الذي لا يستطيع بعده إزالة مركبات الفضة بسهولة من على الفيلم ، أو من على الصورة الموجبة . وعند تجاوز هذا الحد يصبح من السهل تلوث المواد الفوتوغرافية بصبغات غريبة في أثناء معالجتها في حمام التثبيت . وقد وجد أنه بالنسبة للمحاليل المخصصة لتثبيت الصور المطبوعة على الورق ، يمكن السماح لتركيز الفضة في المحلول المثبت بالازدياد

حتى يصل إلى ٢ جم في اللتر . وحينئذ يجب التخلص من المحلول ، والكف عن استعماله . وتمدنا ربطة كوداك Kodak Outfit المخصصة لاختبار محاليل الإيقاف والتثبيت المستعملة في تشغيل أوراق الطبع ، بوسيلة ممتازة لاختبار هذه الحالة . فعندما تضاف قطرات منها إلى محلول التثبيت المطلوب اختبارها يتكون راسب أصفر ثقيل يظهر تلقائيا عند التركيز السابق . ولا تشير أغلب الاختبارات الموصى بها في الأبحاث الفوتوغرافية ، لهذا الهدف ، إلى الحد الأقصى لكمية الفضة المسموح بها ، ولكنها تشير عادة إلى تركيزات أقل بكثير . ويترتب على هذا أن يتم التخلص من المحلول قبل استغلاله لآخر درجة ممكنة .

ويعتبر قياس الفترة الزمنية اللازمة للتوضيح أكثر الاختبارات كفاءة من حيث المقدرة على تحديد فترة الحياة النافعة للمحلول المثبت . وينقص معدل التثبيت ، كلما ازدادت كمية الفضة في محلول التثبيت . وبالتالي يزداد الزمن اللازم للتوضيح . ويمكن تقدير حالة المحلول المثبت بالنسبة لتركيز الفضة عن طريق استعمال شرائح اختبارات فيلمية قياسية ، يكون زمن التوضيح اللازم لها عند الحد الخطر للفضة معروفا . وتحتوى حمامات ثيوسلفات الصوديوم عادة على حوالى ستة جرامات من الفضة في اللتر . وعند ما يأتى الاختبار السابق إيجابيا ، تكون كمية الفضة التى تحتوى عليها حمامات ثيوسلفات الصوديوم هى ستة جرامات من الفضة في اللتر عادة .

وهناك تغييرات أخرى قد تلم بمحلول التثبيت فى أثناء الاستعمال فالفيلم يحمل معه المحلول المظهر إلى حمام التثبيت عند عدم وجود حمام شطف مائى بينهما . والمحلول المظهر شديد القلوية دائما ، وإذا انتقل بكمية وافرة إلى المثبت فانه سوف يستهلك كل الحامض الموجود فيه . وتتوقف كمية المحلول المظهر التى يحملها الفيلم معه إلى المثبت على الفنية الصناعية^(١) المتبعة فى تداول الفيلم . ومن البديهي أن تلوث حمام التثبيت بالمحلول المظهر يؤدى إلى حدوث تغيرات كبيرة فى قيمة الأس الأيدروجينى للمثبت . ونظرا لأن قيمة الأس الأيدروجينى هى الوسيلة المتاحة للتحكم فى الفعل المقوى للشب فى المثبت ، فان تغير قيمة الأس الأيدروجينى تغير من قدرته على إكساب

(١) أوردنا اصطلاح الفنية الصناعية هنا كترجمة لكلمة Technique (المترجم)

الصلابة للجيلاتين. وعندما تزداد قيمة الأس الأيدروجيني إلى ما بعد ٥,٥ ، تقل مقدرة المادة المكتسبة للصلابة على موازنة عملها .

وحيث يجب التخلص من المحلول ، أو إضافة مزيد من حامض الخليك إليه لضبط قيمة الأس الأيدروجيني حتى يستطيع الشب إكساب الصلابة للجيلاتين . ولهذا السبب يعتبر استعمال محلول شطف حامضي Acid Rinse قبل التثبيت نصيحة عملية جديرة بالتنفيذ ، إذ إنه يعادل القلوى الموجود في محلول الإظهار قبل أن تصل الأفلام أو الأوراق إلى حمام التثبيت .

ويجدر بنا أن نشير إلى أن هناك عدة معايير قد تم اقتراحها لتقدير مدى إنهاء المثبت . وهي تتعلق بتكون الرغوى أو الزبد على سطح المحلول ، أو بلمس المحلول . ولكنها تحدد هذا الإنهاء بدرجة كافية من الدقة . إذ إن قيمة الأس الأيدروجيني قد تبقى عالية جدا عند حدوث هذه الرغوى أو الزبد ، وبالقدر الذى يسمح للشب بإكساب الصلابة للجيلاتين .

مقارنة بين ثيوسلفات الأمونيوم وثيوسلفات الصوديوم :

أوصى باستعمال ثيوسلفات الصوديوم كعامل تثبيت فى عام ١٨٣٧ . وأكدت التجربة أن محاليل التثبيت المحتوية عليه هي أكفأ محاليل التثبيت عمليا واقتصاديا . ومنذ سنوات قليلة مضت توافرت ثيوسلفات الأمونيوم فى الأسواق ليس على الهيئة المتبلرة ، ولكن كمحلول تركيزه ستون فى المائة . وعندما استعملت ثيوسلفات الأمونيوم بدلا من ثيوسلفات الصوديوم وجد أنها تثبت هاليدات الفضة بسرعة أكبر ، وبناء عليه ينقص زمن التثبيت بمعدل خمسين فى المائة بالنسبة لبعض المواد السالبة . وكان ذلك ذا أهمية فى تلك التطبيقات التى تتطلب تشغيلاً أكثر سرعة . وبذلك عرف التصوير الفوتوغرافى حمامات التثبيت السريعة .

ويجب أن تستعمل هذه الحمامات بعناية أكبر ، حتى لا تنتج أضرارا بسبب نشاطها الزائد. وإذا تركنا الفيلم أو الورق المطلوب تثبيته مغموراً فى المثبت العادى لمدة طويلة جدا ، فإن الهيئ قد يبدأ فى إذابة الفضة من المساحات ذات الكثافة المنخفضة فى الصورة ، ولا سيما إذا كان حمام التثبيت طازجا . ويحدث هذا التأثير بسهولة أكبر مع العجائن الفوتوغرافية الدقيقة الحبيبات مثل العجائن الفوتوغرافية لأوراق الطبع بالتلامس المحتوية على كلوريد الفضة .

أما في حمامات التثبيت المحتوية على ثيوسلفات الأمونيوم فانه يحدث بسهولة أكبر بكثير . وكنتيجة لذلك تستعمل حمامات التثبيت السريعة عادة عند درجتى تخفيف مختلفتين ، إحداهما للأفلام ، والأخرى لأوراق التصوير (أى أوراق الطبع) . فمثلا يتم تخفيف مثبت كوداك السريع Kodak Rapid Fixer بثلاثة أجزاء من الماء عند استخدامه في تثبيت الأفلام ، وبسبعة أجزاء من الماء عند استخدامه في تثبيت أوراق التصوير .

وقد ثبت أن هذه المحاليل تستطيع عند تلك الدرجات المنخفضة من التركيز ، ولا سيما بالنسبة لأوراق التصوير ، أن تقوم بإذابة الصورة الفضية بسرعة أكبر من التى تذيبها بها محاليل ثيوسلفات الصوديوم العادية .

ومن الوجهة الكيميائية ، تتحد ثيوسلفات الأمونيوم أيضا مع هاليدات الفضة منتجة مركبات فمالةضة المعقدة في المحلول ا ثبت الذى قد ذابت فيه هاليدات الفضة من على العجينة الفوتوغرافية . ولكن المركبات المعقدة القابلة للذوبان التى تتواجد في هذه الحمامات تكون بكميات أكبر من تلك التى تتواجد بها في حمامات ثيوسلفات الصوديوم عند ما يصل تركيز الفضة إلى ستة جرامات في اللتر . والواقع أنه قد يتجمع في حمام التثبيت المحتوى على ثيوسلفات الأمونيوم ، ضعف هذه الكمية من الفضة ، ويظل المحلول قادرا على إذابة هاليدات الفضة . حيث تتفاعل مع مادة التثبيت به ، مكونا أملاح (مركبات) الفضة المعقدة التى يمكن إزالتها من على الفيلم بالماء في عملية الغسيل التالية . ويعتبر زمن الغسيل أفضل مقياس للحكم على درجة إنهاك هذه المحاليل بالنسبة لقدرتها على تثبيت الأفلام . فاذا وجدنا أن زمن التوضيح اللازم لنوع معين من الأفلام بالذات . قد ارتفع إلى ضعف المعدل الطبيعى في حالة استعمال المحلول الطازج ، فانه يمكن اتخاذ تلك الزيادة بمثابة دليل على وصول محلول التثبيت إلى نقطة الإنهاك العملية .

مشكلة عملية :

غالبا ما نجد من يطرح السؤال التالى : هل يمكن استعمال نفس حمام التثبيت في تثبيت كلا الأفلام والأوراق ؟ والإجابة هى : لقد اتضح لنا من مناقشة الحياة النافعة لحمام التثبيت أن أوراق التصوير لا يمكن تثبيتها بالقدر المناسب في المحاليل

المحتوية على كمية من الفضة تزيد على تلك التي تترارح فيما بين ١,٥ إلى ٢ جم في اللتر . ومن ثم فانه يمكن تثبيت كل من الأفلام وأوراق التصوير في نفس المحلول ما دام تركيز الفضة بالمحلول لم يصل بعد إلى ذلك القدر . وحينئذ لا يمكن استعمال المحلول إلا في تثبيت الأفلام فقط . ويمكن الاستمرار في استعماله حتى يصل إلى نقطة الإنهاك :

والطريقة الوحيدة التي يمكن التأكد بها من أن المثبت المنهك قد أصبح غير قادر على تثبيت أوراق التصوير ، هي اختبار المحلول بالنسبة لكمية الفضة به ، «بالكاد» قبل استعماله في كل مرة .

ويحظى هذا الاختبار بأهمية كبيرة ، ولا سيما عند الرغبة في الحصول على صور يمكن حفظها لفترة زمنية طويلة . وتستدعى إقامة طريقة نوعية معينة للتشغيل ، أن تتم مراقبة كمية الفضة بواسطة الاختبارات السابق ذكرها . وتتلخص الفائدة الوحيدة التي نجنبها من هذه الاختبارات ، في هذه الحالة ، في تحديد كميات الفيلم أو الورق التي يمكن تشغيلها في المحلول قبل انتهاء فترة حياته النافعة .

التثبيت في حمامين :

يجب دائما بذل الجهد اللازم لتوفير أفضل الظروف للتثبيت المكتمل للصور والأفلام بصرف النظر عن الهدف التي تعد تلك الصور والأفلام من أجله . وقد يصبح ذلك الشرط إلزامياً في كثير من التطبيقات الفوتوغرافية حتى يمكن تحقيق المواصفات المعينة المميزة للتسجيلات الفوتوغرافية الدائمة . وتعتبر طريقة استخدام حمامي تثبيت ، من أفضل الطرق لتحقيق ذلك وأكثرها اقتصادا .

وتستوجب أكثر الفتيات الصناعية شيوعا في مجال التطبيق العملي ، أن يتم تثبيت الأفلام أو الصور في المحلول الأول ، ثم نقلها إلى المحلول الثاني . ويعني هذا أن جميع هاليدات الفضة التي لم تستقبل تعريضا ضوئيا تذوب في المحلول الأول ، مما يؤدي إلى تجمع القدر الأكبر من الفضة فيه . وتزول في المحلول الثاني أي آثار من مركبات الفضة المتخلفة على العجينة الفوتوغرافية ، وبذلك نضمن اكتمال التثبيت لشدة قابلية مركبات الفضة المتكونة على العجينة الفوتوغرافية ، للذوبان

في الماء ، ومن ثم يسهل إزالتها بالغسيل . ويستعمل المحلول الأول حتى يصل إلى نقطة الإنهاك فيتم التخلص منه . وعندئذ يحل الحمام الثاني محل الأول ، ويستبدل به هو نفسه حمام جديد . ويمكن إعادة هذه الدورة عدة مرات حتى تصل كمية الفضة المسموح بها في المحلول المثبت إلى الحد الأقصى . وفي العادة يتم تشغيل ما يتراوح بين ثماني إلى عشر بوصات من الفيلم أو أوراق التصوير في المحلول الواحد من المثبت قبل تغيير الحمامات . ويمكن تحديد الكمية بالضبط بناء على توصيات الشركة المصنعة . كما أن دورات استبدال المحلول الثاني بالأول لا تتجاوز الخمس مرات خلال الأسبوع الواحد . وإذا زادت فترة الاستعمال عن الأسبوع الواحد ، فإنه يجب تغيير كلا الحمامين في نهاية الأسبوع . وقد يؤدي استعمال هذه الفنية الصناعية (أي حمى التثبيت) إلى خفض نفقات التشغيل بمقدار النصف .

استخلاص الفضة من محاليل التثبيت المستعملة :

يمكن إطالة الحياة النافعة لمحلول التثبيت إذا توافرت بعض الوسائل اللازمة لإزالة الفضة من المحلول المثبت . وهذه مسألة هامة في عمليات التشغيل التي تستلزم استعمال حجوم كبيرة من محاليل التثبيت ، كما هو الحال في المعامل السينمائية ، وفي المعامل الفوتوغرافية التي تقوم بتشغيل كميات كبيرة من الأوراق .

وتنحصر أنظمة استخلاص الفضة الشائعة الاستعمال في نوعين اثنين : الأول منهما يستوجب الاستعانة بتيار كهربائي خارجي ، ويعرف عادة باسم نظام التحليل الكهربائي المستمر ، ويستعمل في الحالات المتعلقة بحجوم كبيرة من المثبت . والنظام الثاني هو ذلك الذي يقوم على قاعدة الإحلال المعدني ، حيث ترسب الفضة الموجودة في المثبت على سطح معدني آخر يوضع في المحلول . وقد أتيحت في الأسواق وسيلتان تجاريتان لاستخلاص الفضة بطريقة الإحلال المعدني . والوسيلة الأولى عبارة عن ظروف (أو خراطيش) مملوءة ببرادة معدن مناسب . وعند استخدامها يثبت الظرف على المنفذ الوحيد « بالتك » المحتوي على الهيبو المراد استخلاص الفضة منه . ويمر المحلول الخارج من « التك » خلال الظرف ، وفي العادة يصرف المحلول إلى البالوعة بعد ذلك ، إذ إن هذه الوسيلة لا تتبع إلا في الحالات المتعلقة بحجوم صغيرة من المثبت ، مما لا يفي بنفقات الضبط الكيميائي التي لا بد من إجرائها ، عند الرغبة في إعادة

استعمال المثبت بعد استخلاص الفضة منه . والهدف من تجارب الضبط الكيميائي قبل الاستعمال ، هو إضافة الكمية اللازمة من الهيبو لتعويض النقص الناتج في تركيزه بالمحلول نتيجة الاستعمال . وكذلك ضبط قيمة الأس الأيدروجيني للمحلول . أما الفضة التي ترسبت داخل الظرف فيتم تنقيتها بالعمليات الكيميائية اللازمة لاستخلاص معدن الفضة منها .

أما الوسيلة الثانية فهي عبارة عن استخدام قضبان معدنية مسطحة ذات تصميم مناسب للأطباق أو «التنكات» المحتوية على المحلول المثبت المراد استخلاص الفضة منه . ويستمر استعمال كل قضيب منهما حتى يصل وزنه إلى حد معين ، فيرسل إلى أحد الشركات المتخصصة ، ليتم استخلاص الفضة من عليه بمعرفة .

وما زال هناك نظام آخر يستخدم في بعض المدن الكبيرة حيث تودع محاليل التثبيت المنهكة في «تنكات» تخزين ثم تجمع بواسطة شركة مختصة باستخلاص الفضة .

ولا تستخدم الأنظمة التجارية لاستخلاص الفضة في أي من الحالات إلا عندما يكون هناك عائد من الفائدة المادية من ورائها . أو بعبارة أخرى لا تصبح عملية استخلاص الفضة جديرة بالاعتبار إلا عندما تستطيع أن توفر بعضا من الربح الصافي بعد دفع نفقات التأجير أو الاستخدام .

الباب الثاني عشر

تشغيل المواد الفوتوغرافية العكسية

لقد ناقشنا إظهار الصورة على الفيلم السالب ، أو تلك المطبوعة على الورق من الفيلم السالب . وتنتج العملية العكسية صورة موجبة بدلا من الصورة السالبة ، على نفس المادة الفوتوغرافية التي قد استقبلت التعريض الضوئي الأصلي . ومن ثم تلغى الحاجة إلى عملية الطبع اللازمة للحصول على الصورة الموجبة .

تنتج العملية العكسية صورة موجبة مباشرة ، أو بعبارة أخرى يتم الحصول على صورة تشبه الموضوع الأصلي . وهي تستخدم في إنتاج الأفلام السينمائية للهواة ، وفي عمل الشفافيات الأبيض والأسود المستعملة في العرض التليفزيوني ، والصور الموجبة المستخدمة في إعادة الحصول على الرسوم الخطية في مجال فنون الطباعة ، وبعض الأفلام السينمائية الملونة ، والشفافيات الملونة ، والطبعات الملونة .

وبالرغم من أن التحكم المناسب في تعريض وإظهار الصور السالبة يعتبر أمرا مرغوبا فيه إذا أردت أن تحصل على صورة سالبة على درجة طيبة من الجودة ، فإن حدوث بعض التغيرات في التعريض ، أو في ظروف التشغيل لا يحول دون إمكان ، استعمال الفيلم السالب في إعداد طبعات منه^(١) . ويسمح مدى التباين الذي توفره الأوراق الفوتوغرافية ، وإمكانية تغيير التعريض الضوئي المستخدم

(١) أي أن الفيلم السالب تسمح بطبعه بالرغم مما ألم بجودته من نقص .
(المترجم)

فى الطبع بتصحىح بعض الأخطاء التى قد ألت بالفيلم السالب فى أثناء التعريض أوالتحميض . أو بعبارة أخرى هناك مدى للتغير المسموح به فى تعرض وإظهار أغلب المواد السالبة .

ولست هذه هى الحالة فى تشغيل المواد العكسية ، لأن جودة الصورة تتوقف على الموازنة الصحيحة ، بين عمليتى التعريض والإظهار الأولين . ويؤدى حدوث أى خلل فى هذا التوازن ، إلى معاناة الصورة من نقص فى جودتها .

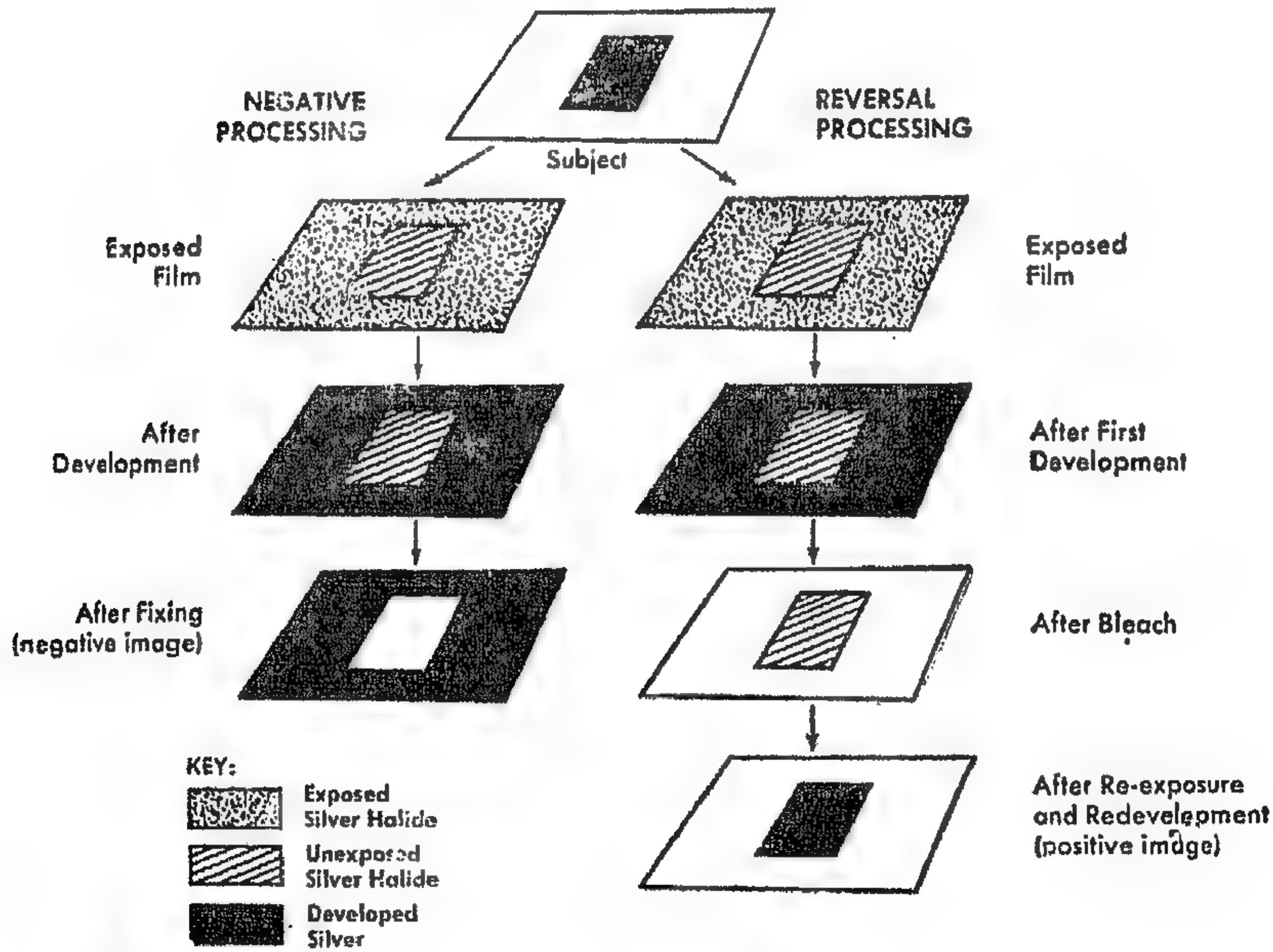
ونظراً لاعتماد جودة الصورة على ذلك التوازن بين التعريض الضوئى الأسمى (الذى يتم فى آلة التصوير) والإظهار الأول ، بجانب تأثير دقة خطوات عملية التشغيل الأخرى ، فإن عملية التشغيل العكسى تحتاج إلى رقابة دقيقة ، ولهذا السبب يعتمد أغلب مصنعى المواد الفوتوغرافية العكسية الأبيض الأسود أو الملونة ، إلى تشغيل أفلام عمالئهم بأنفسهم . وفى السنوات القليلة الماضية أدت التحسينات التى ألت بالمنتجات الفوتوغرافية ، وبتصميم أدوات التشغيل ، والفنيات الصناعية الخاصة بالتشغيل ، إلى تمكين العملاء من القيام بتشغيل أفلامهم بأنفسهم . ولكن المراقبة الدقيقة لظروف التشغيل ، ما زالت أكثر العوامل أهمية .

وبين الشكل (رقم ٢٩) مقارنة بين نظامى تشغيل الأفلام — أى نظام السالب والموجب ، والنظام العكسى — من حيث الخطوات الأساسية . فعند تشغيل الصور السالبة أو الصور الموجبة المطبوعة منها ، نبدأ بإظهار هاليدات الفضة التى قد استقبلت التعريض الضوئى . ثم نزيل تلك التى لم تتعرض للضوء فى حمام التثبيت .

أما فى التشغيل العكسى فنبدأ بإظهار هاليدات الفضة التى قد تعرضت للضوء كما فى الحالة السابقة . ثم نزيل الصورة الفضية السالبة من على الفيلم فى محلول تبييض ، ثم يتم إظهار هاليدات الفضة المتبقية حيث تنتج صورة موجبة . ويمكن تنفيذ هذا عن طريق تعرض الهاليدات للضوء ، ثم معالجتها فى محلول إظهار عادى . وفى بعض الحالات يمكن الاستغناء عن مرحلة التعريض الضوئى الثانى ، باستعمال محاليل إظهار خاصة مسببة للضباب . وتقوم الأخيرة بجعل هاليدات الفضة المتبقية على الفيلم قابلة للإظهار ، أى تحويلها إلى فضة ، بدون استقبلها للضوء .

ولا تتطلب عملية تشغيل المواد العكسية الملونة ، إزالة الصورة السالبة الفضية قبل عملية الإظهار الثانية . بل تترك على الفيلم الذى ينتقل بعد ذلك إلى محلول إظهار الألوان ، حيث تنتج عليه صورة دوجبة تتألف من الفضة والصبغة وبعد ذلك يتم إزالة كل من صورتى الفضة السالبة والموجبة ، فى محلول تبيض مناسب ، وتتبقى على الفيلم الصورة المطلوبة التى تتألف من الصبغات الملونة .

ولذلك فائدة جلية إذ تتطلب إزالة الصورة الفضية السالبة (أى تلك التى تكونت فى حمام الإظهار الأول) استعمال محلول تبيض لا يؤثر على هاليدات الفضة المتبقية ، واللازمة لتكوين الصورة الموجبة . ومن البديهي أن ذلك أمر مستحيل . أما إذا تم تأجيل مرحلة التبيض إلى ما بعد مرحلة الإظهار الثانى فلن تكون هناك حاجة إلى تقييد حمام التبيض بذلك الشرط . ويجب أن نتذكر أنه لا يمكن اتباع هذا التكنيك إلا فى حالة الأفلام الملونة ، حيث تتألف الصورة الموجبة من الصبغة فقط ، وليس من الصبغة والفضة .



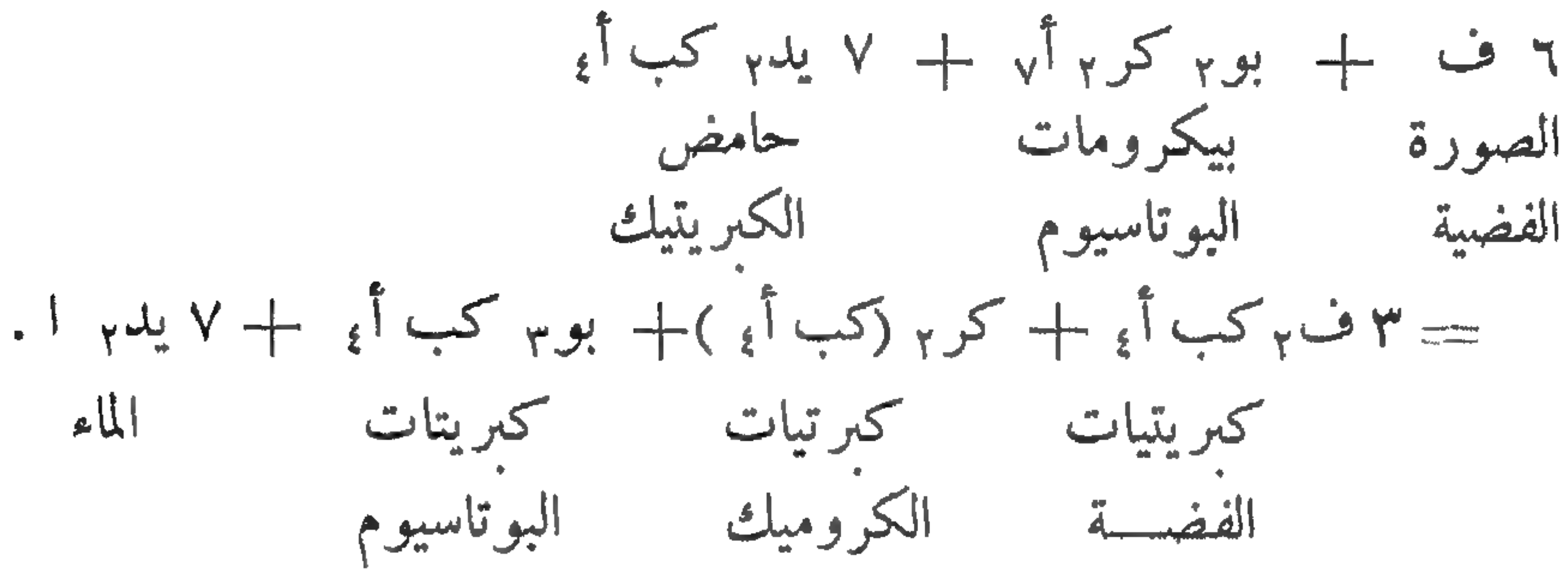
الشكل رقم (٢٩)

مقارنة بين نظامى التشغيل السالب/الموجب والعكسى

محاليل التبييض :

إن الهدف من استعمال محاليل التبييض هو تحويل الصورة الفضية السالبة التي تكونت في محلول الإظهار الأول ، إما إلى أملاح فضة قابلة قابلة للذوبان ، تستطيع الانتشار خارج العجينة الفوتوغرافية بسهولة إلى المحلول . وإما أن تتحول ، كما في تشغيل المواد الملونة ، إلى أملاح فضة يمكن إذابتها في محلول تال لحمام التبييض (وهو حمام التثبيت) .

ويحتوى محلول التبييض الشائع الاستعمال في عمليات تشغيل المواد العكسية الأبيض والأسود على بيكرومات البوتاسيوم وحامض الكبريتيك . وفيه تتحول الصورة الفضية إلى مركب كبريتات الفضة القابلة للذوبان فيه ، والتي ينتشر أغلبها من العجينة الفوتوغرافية إلى المحلول . ويؤدي الغسيل المائي التالى لمرحلة المعالجة في محلول التبييض إلى إزالة كل من كبريتات الفضة المتبقية والمواد الكيميائية الداخلة في تركيب محلول التبييض من على الفيلم . ويمكن التعبير عن التفاعل الكيميائي الذي يتم في محلول التبييض كما يلي :



ويعتبر هذا التفاعل من الوجهة الكيميائية ، عكس تفاعل الإظهار بالضبط ، وذلك لأن الفضة المعدنية تتأكسد إلى كبريتات الفضة بواسطة البيكرومات في المحلول الحامضي ، في حين يتم اختزال بيكرومات البوتاسيوم ، إلى كبريتات الكروميك . ويترتب على التبييض غير الكافي حدوث ملء غير مرغوب فيه لمناطق الإضاءة العالية في الصورة (أى ظهور قدر من الكثافة) على هذه المناطق . ويعنى هذا بقاء بعض من فضة الصورة السالبة على الفيلم أو المادة الفوتوغرافية التي يجرى تحميضها .

ويجب أن تكون مادة التبييض المستخدمة في حمامات التبييض المخصصة للأفلام العكسية الملونة قادرة على أكسدة الفضة في وجود الهاليد ، بدون أن تهاجم الصورة

المتألفة من الصبغة . وتستطيع بعض المواد المؤكسدة ، مثل برمنجنات البوتاسيوم ، أو بيكرومات البوتاسيوم ، أن تهاجم الصورة المتألفة من الصبغة عادة . ولذلك يحتوى محلول التبييض الشائع الاستعمال فى عمليات تشغيل الأفلام الملونة ، على فيريسيانيد البوتاسيوم وبروميد البوتاسيوم . ويأتى ترتيبه عادة بعد الإظهار الثانى . ويقوم العامل المؤكسد بتحويل الفضة إلى بروميد الفضة ، ثم تتم إزالتها بعد ذلك فى محلول التثبيت بواسطة الهيبو . ويمكن توضيح تفاعل الفيرييسانيد مع الصورة الفضية بالمعادلة التالية :



وتتأكسد الفضة المعدنية إلى أيونات الفضة التى تتحد مباشرة مع أيونات البروميد مكونة بروميد الفضة ، فى حين يتم اختزال الفيرييسانيد إلى الفيروسيانيد ، ويدوب بروميد الفضة فى حمام التثبيت الذى يلي حمام التبييض .

حمامات الفسيل بالرش :

يجب اتخاذ جميع الإجراءات التى تكفل عدم اختلاط المحاليل المختلفة المستخدمة فى عملية تشغيل المواد العكسية الأبيض والأسود والملونة ببعضها بعضا ، وتستطيع حمامات الغسيل برش المادة أن تقدم فائدة عظيمة جدا فى هذا الشأن ، بالرغم من أنهما تزيد من عدد خطوات عمليات التشغيل ، وبالتالى تطيل من الزمن الذى تستغرقه العملية .

وفى العادة تستخدم حمامات الشطف لازالة المواد الكيميائية التى قد امتصتها العجيئة الفوتوغرافية فى أى محلول من المحاليل التى قد تمت معالجتها فيها لتحاشي التأثيرات غير المرغوب فيها فى الحمامات التالية . ويعتبر الماء القراح كافياً جداً للوفاء بهذه المهمة الأساسية . وفى الغالب قد تضاف إلى حمامات الشطف مواد كيمياوية معينة لجعلها أكثر فاعلية ، من حيث المقدرة على وقف تأثير الحمام السابق ومعادلة أو إزالة المواد الكيماوية التى تبقى على العجائن الفوتوغرافية .

وفى تشغيل الصور السالبة والصور الموجبة المطبوعة منها ، يستخدم حمام إيقاف حامضى عادة ، لوقف فعل الإظهار بسرعة وبدرجة سوية ، ولمنع تأثير محلول الإظهار القلوى على فعل حمام التثبيت المقوى للجيلاتين .

أما في عمليات التشغيل العكسي ، فإن كل عملية كيميائية تتلوهها معالجة للمادة الفوتوغرافية في حمام شطف ، ولو بمجرد الماء على الأقل . ومهما كان الأمر ، فإن معالجة المادة الفوتوغرافية في حمام التبييض المحتوى على البيكرومات لمسح الصورة الفضية التي قد تكونت في عملية الإظهار الأولى تتبعها معالجة في حمام من سلفيت الصوديوم ، أو باي سلفيت الصوديوم . ويسمى هذا الحمام بحمام التوضيح ، ويتلخص الغرض من استعماله في التفاعل مع بقايا البيكرومات المتبقية على العجينة الفوتوغرافية حتى لا تعوق عملية الإظهار الثانية . ويتغير التركيب الكيميائي لهذا المحلول من نوع إلى آخر من الأفلام تبعاً لدورة التشغيل المستخدمة ، وبالذات نوع محلول التبييض المستخدم . ومن ثم يجب استعمال حمام التوضيح ، أو محاليل الشطف الأخرى الموصى بها في كل عملية من عمليات تشغيل الأفلام العكسية بالذات .

وتتطلب عملية تشغيل المواد العكسية الأبيض والأسود أن يتم تعريض جميع هاليدات الفضة الموجودة على الفيلم للضوء ، في عمليتي التعريض ، ثم يتم إظهارها في حمامي الإظهار الأول والثاني . ومن ثم فلا داعي لمعالجة المادة الفوتوغرافية في حمام تثبيت حسب النظام في دورتي تشغيل الأقلام السالبة والموجبة . حيث تؤدي المعالجة في هذا الحمام إلى إزالة هاليدات الفضة التي لم يتم إظهارها . ولكن محلول الإظهار الثاني يتبعه حمام شطف ، لمعادلة المادة القلوية المتخلفة على المادة الفوتوغرافية بسبب معالجتها في محلول الإظهار ، ولتقوية الجيلاتين الذي تحتوى عليه ، حتى يصبح أكثر قدرة على مقاومة الأخطار الميكانيكية التي قد يتعرض لها في مراحل التداول التالية . وغالبا ما يكون الحمام المستخدم في هذا الغرض محلول تثبيت حامضي مقوى للجيلاتين ، ويقوم صانع المادة بالحام بتحديد نوعه وتركيبه .

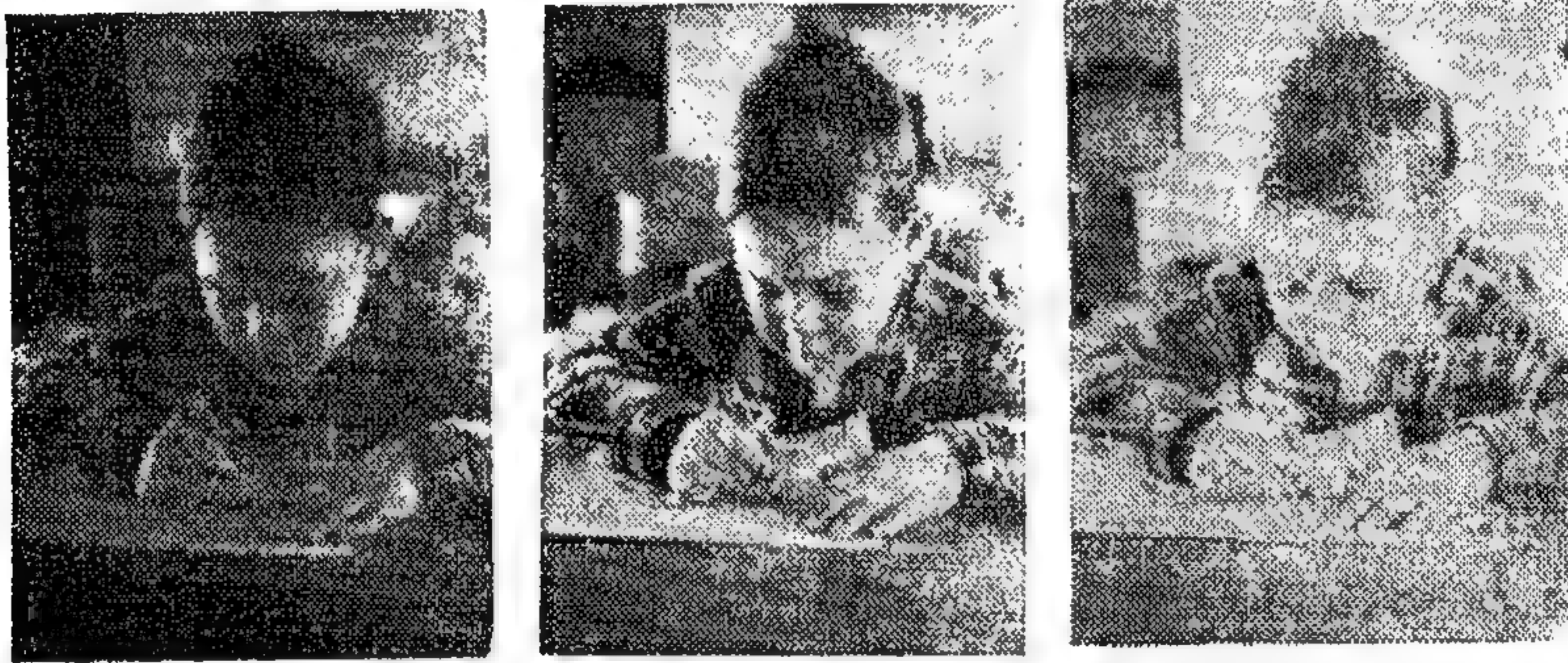
مراقبة عملية التشغيل العكسي :

لا يمكن أن ننصح باستعمال محاليل التشغيل المخصصة لأي نوع من الأفلام العكسية في تشغيل الأنواع العكسية الأخرى . فمثلا لا يمكن استعمال محاليل تشغيل الفيلم العكسي الذي تصنعه شركة جيفارت ، في محاليل تشغيل الفيلم العكسي الذي تصنعه شركة أورفو . ويجب أن تتم عملية التشغيل العكسية بجميع تفاصيلها - أي من

حيث تركيب المحاليل ، وأزمنة المعالجة - طبقا للتعليمات التي يصدرها صانع الفيلم الخام بالنسبة لكل نوع (أو ماركة تجارية) من أنواع الأفلام .

وهناك أنواع خاصة من العجائن الفوتوغرافية العكسية يتم تصنيعها طبقا لمقتضيات التصوير بالأبيض والأسود ، مثل أفلام الهواة الأبيض والأسود ، ويجب عند تشغيلها اتباع تعليمات صانع الفيلم الخام بحرص شديد .

فيجب أن يكون التعريض الضوئي صحيحا . إذ إن التعريض الزائد ينتج صورة رقيقة جدا . وهو إصلاح فوتوغرافي يعنى افتقار الصورة للتفاصيل في مناطق الإضاءة العالية .



الشكل رقم (٣٠)

تأثير التغيرات التي قد تلم بالتعريض والاظهار في دورة التشغيل العكسي

إلى اليمين : التأثير الناتج عن التعريض الناقص ، أو المعالجة الناقصة في محلول الاظهار الأول .
في الوسط : صورة استقبلت تعريضا ضوئيا صحيحا في آلة التصوير ثم عولجت بطريقة سليمة في محلول الاظهار الأول .

إلى اليسار : التأثير الناتج عن التعريض الزائد ، أو المعالجة الزائدة في محلول الاظهار الأول .

وحيث إن الصورة الموجبة تنتج من اختزال هاليدات الفضة التي قد بقيت على الفيلم بعد إظهار الصورة السالبة ، فإن التعريض الضوئي الزائد يؤدي إلى إزالة الكثير من الفضة اللازمة للصورة الموجبة . وعلى نفس المنوال يترك التعريض الضوئي الناقص جدا ، كمية كبيرة جدا من الفضة على الفيلم لتكوين الصورة الموجبة ، مما يؤدي إلى أن تأتي هذه الصورة داكنة جدا .

ويجب أن نتذكر أن هذه التأثيرات هي بالضبط عكس ما نحصل عليه في عمليات إظهار المواد الفوتوغرافية السالبة ، حيث ينتج التعريض الزائد مثلاً ، صورة سالبة أكثر سواداً من تلك التي ينتجها التعريض العادى . ومدى التعريض الصحيح المميز للفيلم العكسى صغير جداً ، ويجب بذل كل جهد فى ضبط التعريض الضوئى بآلة التصوير حتى يمكن الحصول على نتائج طيبة بعد التشغيل طبقاً للتعليمات الموصى بها من قبل صانع الفيلم الخام .

وتعتبر معالجة الفيلم فى محلول الإظهار الأول عملية حرجية ، ويجب الالتزام الدقيق بالتعليمات الخاصة بزمن الإظهار والتقليب . ويؤدى الإظهار الزائد ، والإظهار الناقص ، إلى حدوث تأثيرات مشابهة لتلك التي ينتجها التعريض الزائد والتعريض الناقص على الترتيب .

ويتوقف تحديد زمن الإظهار الصحيح عند درجة حرارة معينة ، على نوع آلة التشغيل المستعملة ، فهو يختلف بعض الشيء من آلة إلى الثانية ، أى إذا ما كان التشغيل يتم فى الإطباق ، أو فى تنك يسمَح بلف بكرة مشحونة بالفيلم بداخله ، أو فى تنكات صغيرة ، أو فى جهاز التحميض الذى يسمح بإعادة لف الفيلم بداخله . ويرجع السبب فى اختلاف أزمنة الإظهار من آلة إلى الأخرى ، بالرغم من ثبوت درجة الحرارة إلى اختلاف الدرجة التأثيرية لتقليب محلول الإظهار داخل كل آلة . ويجب على القائم بالتشغيل أن يتخذ التعليمات المنشورة عن الفيلم الذى يرغب فى تشغيله بمثابة دليل يسترشد بها على أن يبدأ بتنفيذها بدقة . وقد يحتاج الأمر إلى إجراء عدة تجارب للوصول إلى أسلوب التشغيل الصحيح بناء على المحاولة والخطأ . وبذلك يهتدى إلى معرفة مدى ما يجب أن يحيد به عن تعليمات مصنع المادة الخام ، حتى يستطيع الحصول على أفضل النتائج بالوسائل المتاحة له .

وكيفما كان الأمر ، فإنه يمكن الحصول على نتائج طيبة ، فى الحالات التى يصدر صانع الفيلم الخام تعليمات بشأنها تتعلق بالتشغيل العكسى فى أداة تشغيل معينة ، إذا تمت مراقبة جميع العوامل بدقة طبقاً للإرشادات الموصى بها .

وفى أغلب المراحل التى تأتى بعد الإظهار الأول ، يجب توفير الظروف التى تضمن استمرار التفاعل الكيميائى فى كل مرحلة حتى يكتمل تماماً .

ومن ثم لا تخطى عمليات مراقبة زمن المعالجة ودرجة الحرارة في هذه الحمامات بقدر كبير من الخطورة ما دامت القواعد الثلاث الآتية تلقى عناية القائم بالتشغيل واهتمامه :

- ١ - عدم السماح للمحاليل الكيميائية بتلويث بعضها البعض .
- ٢ - مراعاة استعمال حمامات غسيل مناسبة بين مراحل المعالجة في المحاليل المتنوعة التي تتطلب عملية التشغيل استعمالها لضمان زوال جميع المواد الكيميائية المتبقية على الفيلم قبل أن ينتقل إلى المحلول التالي .
- ٣ - السماح للفيلم بالبقاء في كل محلول الفترة الزمنية الموصى بها .

ومن المحتمل أن تؤدي التغيرات التي قد تلم بظروف تشغيل الأفلام والمواد الفوتوغرافية الملونة في أي مرحلة من مراحل التشغيل ، إلى حدوث بعض التغير في التوازن اللوني المميز لصور الصبغات النهائية الثلاث . ومن ثم يجب مراقبة درجة الحرارة ، وزمن المعالجة ، والتقليب في جميع الخطوات . ويجب أن تبقى باستمرار داخل حدود التغير المسموح بها بالنسبة لكل نوع بالذات من أنواع العجائن الفوتوغرافية العكسية .

تقوية المحاليل :

يمكن إجراء عمليات التقوية لمحاليل الإظهار والمحاليل الأخرى بنجاح ، إذ أجريت الاختبارات المناسبة . ولهذا السبب لا يعتبر اتباع نظام التقوية بالخطوة العملية إلا في عمليات التشغيل المستمرة التي يتم فيها تجميع كميات كبيرة من الأفلام . ومن الأفضل بالنسبة للهواة ، استعمال المحاليل الطازجة طبقا للتوصيات الواردة في التعليمات المنشورة ، إذ إن المحاليل المنهكة غالبا ما تؤدي إلى الحصول على نتائج غير مقنعة .

الباب الثالث عشر

أنظمة الألوان العملية

تقوم أغلب العمليات الملونة الشائعة الاستعمال على نظرية الإظهار المقرن للصبغات . وهي تشمل على كل من الأنظمة السالبة الموجبة ، والأنظمة العكسية .

تعتبر عملية الكوداكروم أولى عمليات الألوان التي قد حققت نجاحا متسعا . وهي عملية عكسية ، تعطى شفافيات موجبة على نفس الفيلم الذي قد استقبل التعريض الضوئي في آلة التصوير . وهي تقوم على الإظهار الملون ، مع وجود مقرنات (أو مكونات) الصبغات في محلول الإظهار . وهي من ثم تحتاج إلى ثلاثة محاليل لإظهار ألوان مختلفة . ويجب إخضاع فعل كل منها لمراقبة وتحكم دقيقين ، بحيث لا يؤثر كل محلول إلا على الطبقة المخصصة له من طبقات العجائن الفوتوغرافية الثلاثة التي يحتوى عليها الفيلم .

وبالتالى لا يصبح تشغيل الكوداكروم أمرا عمليا ، إلا في الوحدات الكبيرة فقط ، المجهزة بوسائل مراقبة متطورة ودقيقة ، يقوم على تشغيلها أخصائيون على درجات عالية من التدريب الفنى .

مواد كوداك الملونة التي يستطيع العملاء تشغيلها :

أدى اختراع المواد الملونة المحتوية على مكونات الألوان المغروسة فيها إلى إتاحة إمكانية تشغيلها بواسطة المصورين الفوتوغرافيين أنفسهم ، والاستديوهات التجارية ، والمعامل العلمية الصناعية ، حيث يقوم كل منهم بتشغيل المواد الملونة التي يستخدمها . وتمتد شركة إيستمان كوداك الأسواق التجارية اليوم ، نخط كامل من المواد الملونة التي تستخدم لإعداد

الشفافيات الملونة أو الصور الملونة ، إما طبقاً للنظام العكسي ، وإما طبقاً لنظام السالب / الموجب . وقد نلخصنا هذه المواد ، والعمليات الكيميائية الواجب استخدامها في تشغيل كل منها ، في الجدول رقم « ٤ » :

(الجدول رقم ٤)

المادة	اسم عملية التشغيل
الفيلم كوداك اكتاكروم نوع - ب	ب - ٤١
Kodak Ektachrome Film Type—B	B—41
الفيلم كوداك اكتاكولور نوع - س	ج - ٢٢
Kodak Ektacolor Film Type—S	C—22
الفيلم كوداكولور	ج - ٢٢
Kodacolor Film	C—22
الفيلم كوداك اكتاكروم (عملية ي - ١)	ي - ١
Kodak Ektachrome Film (Process—1)	E—1
الفيلم كوداك اكتاكروم (عملية ي - ٢)	ي - ٢
Kodak Ektachrome Film (Process E—2)	E—2
الفيلم كوداك اكتاكولور المخصص للطبع	ج - ٢٢ أو ب - ٤١
Kodak Ektacolor Print Film	C—22 or B—41
مواد كوداك الملونة المخصصة للطبع - نوع ج	ب - ١٢٢
Kodak Color Print Material Type—C	P—122
مواد كوداك الملونة المخصصة للطبع نوع ر	ب - ١١١
Kodak Color Print Material Type—R	P—111

أنظمة السالب / الموجب :

تعطى أفلام كوداك اكتاكولور الملونة المطروحة في الأسواق على هيئة ألواح والفيلم الكوداكولور (المطروح في الأسواق على هيئة لفات) صوراً سالبة يمكن الحصول منها على صور إيجابية بعملية الطبع على الفيلم كوداك اكتاكولور المخصص

للطبوع وتحتاج جميع هذه المواد إلى معالجتها في محلول إظهار ألوان . وهي تحتوي على مقرنات الألوان مغروسة بين ثنايا عجائنها الفوتوغرافية . وتشتمل عمليات تشغيل هذه المواد على الخطوات الأساسية التالية : إظهار هاليدات الفضة التي قد استقبلت التعريض الضوئي لتنتج الصور الفضية ، وصور الصبغات في نفس الوقت على طبقات العجائن الفوتوغرافية الثلاثة ، ثم تبيض الفضة باستخدام حمام تبيض خاص ، ثم إزالة كل من هاليدات الفضة الأصلية التي لم تستخدم ، والصورة السالبة التي قد تم تبيضها ، في حمام تثبيت . ولا بد أن تشتمل عملية التشغيل أيضا على عمليات معالجة ملحقة خاصة ، وكذلك على مراحل الشطف ، والغسيل ، بين المراحل المتعددة التي تشمل عليها عملية التشغيل .

(الجدول رقم ٥)

عملية كوداك كولور للطبع ب - ١٢٢	عملية كوداك كولور ب - ٤١	عملية كوداك كولور ج - ٢٢
- مادة كوداك كولور المخصصة للطبع نوع ج Type C	- الفيلم كوداك الاكنا كولور نوع « ب » Type B - الفيلم كوداك الاكنا كولور المخصص للطبع	- الفيلم كوداك اكنا كولور نوع س Type S - الفيلم كوداك اكنا كولور المخصص للطبع - الفيلم كودا كولور
١ - الإظهار ٢ - حمام الإيقاف ٣ - التثبيت ٤ - الغسيل ٥ - التبييض ٦ - الغسيل ٧ - محلول التثبيت الذي يكسب الجيلاتين صلابة ٨ - الغسيل ٩ - حمام اكساب الصلابة ١٠ - الغسيل ١١ - حمام منظم للألوان الأيدروجينية ١٢ - التجفيف	١ - الإظهار ٢ - حمام الإيقاف ٣ - حمام اكساب الصلابة ٤ - الغسيل ٥ - التبييض ٦ - الغسيل ٧ - التثبيت ٨ - الغسيل ٩ - إمرار الفيلم في محلول كوداك فوتو - فلو بالإضافة إلى ١/٢ أوقية من محلول الفورمالدهيد في الجالون الواحد ١٠ - التجفيف	١ - الإظهار ٢ - حمام الإيقاف ٣ - حمام اكساب الصلابة ٤ - الغسيل ٥ - التبييض ٦ - الغسيل ٧ - التثبيت ٨ - الغسيل ٩ - إزالة قطرات المياه بالمسح ١٠ - التجفيف

العمليات العكسية :

تنتمي العمليات كوداك اكتاكروم نوع ي - ١ (E-1) ، نوع ي - ٢ (E-2) وعملية الكوداك كولور للطبع رقم أب - ١١١ (P-111) إلى النظام العام للتشغيل العكسي ، ولكنها تختلف فيما بينها في العديد من التفاصيل : والخطوات الأساسية هي : المعالجة في محلول الإظهار الأول ، حيث يتم اختزال هاليدات الفضة التي قد تعرضت للضوء في آلة التصوير (أو في ماكينة الطبع) ، ثم تعريض هاليدات الفضة المتبقية التي لم يتم إظهارها . وتسمى هذه الخطوة بالتعريض الضوئي الثاني . ثم المعالجة في محلول إظهار الألوان لتكوين الكميات المناسبة من الصبغات في الطبقات الثلاث . ثم تبييض الفضة - أي أكسديتها - إلى بروميد الفضة . ثم إزالة هاليدات الفضة المتبقية على الفيلم في محلول التثبيت . وقد بينا في الجدول التالي الخطوات

(الجدول رقم ٦)

عملية كوداك كولور للطبع ب - ١١١	عملية كوداك اكتاكروم ي - ٢	عملية كوداك اكتاكروم ي - ١
١ - المعالجة في المحلول المبلى	١ - الإظهار الأول	١ - الإظهار الأول
٢ - الإظهار الأول	٢ - الغسيل بالرش	٢ - الغسيل بالرش
٣ - حمام الايقاف الأول	٣ - اكساب الصلابة	٣ - اكساب الصلابة
٤ - الغسيل	٤ - التعريض العكسي	٤ - التعريض العكسي
٥ - التعريض العكسي	٥ - الغسيل	٥ - الغسيل
٦ - الإظهار بالألوان	٦ - الإظهار بالألوان	٦ - الإظهار بالألوان
٧ - حمام الايقاف	٧ - الغسيل	٧ - الغسيل
٨ - المكسب للصلابة	٨ - التوضيح	٨ - التوضيح
٩ - الغسيل	٩ - الغسيل بالرش	٩ - الغسيل بالرش
١٠ - التبييض	١٠ - التبييض	١٠ - التبييض
١١ - حمام التثبيت المكسب للصلابة	١١ - الغسيل بالرش	١١ - الغسيل بالرش
١٢ - الغسيل	١٢ - التثبيت	١٢ - التثبيت
١٣ - حمام تثبيت الصبغات	١٣ - الغسيل	١٣ - الغسيل
١٤ - الغسيل برذاذ الماء	١٤ - حمام تثبيت الصبغات	١٤ - إزالة قطرات الماء بالمسح أو بواسطة محلول كوداك فوتوفلو
١٥ - التجفيف	١٥ - التجفيف	١٥ - التجفيف

اللازمة في التشغيل العملي، مثل المعالجة في حمام الإيقاف، وفي محاليل إكساب الصلابة للجيلاتين، وعمليات الشطف والغسيل المختلفة. ومن الواضح أن هناك بعض الاختلاف بين ترتيب الخطوات في عملية الطبع الملون ب - ١١١ (P-111) ، وفي عمليات الإكتاكروم . ويتجلى أحد نواحي الاختلاف الهامة في موضع التعريض الضوئي العكسي في عمليات الإكتاكروم تستقبل الأفلام التعريض الضوئي الثاني قبل وضعها في ماء الغسيل الذي يتبع المعالجة في حمام إكساب الصلابة للجيلاتين . بينما يتم التعريض الضوئي الثاني للأفلام الملونة المخصصة للطبع بعد غسلها جيدا . ويجدر بنا أن نشير إلى أنه بالرغم من اشتغال عمليات الإكتاكروم ي - ١ (E-I) ، ي - ٢ (E-2) على نفس العدد من الخطوات التي تجري بنفس الترتيب في العمليتين ، فإنهما تتمتضان استعمال حمامات مختلفة فيما عدا تلك المخصصة لإكساب الصلابة ، والتوضيح ، والتثبيت .

وحيث إن الصور النهائية تتألف من الصبغات ، فانه من الضروري إزالة جميع أملاح الفضة التي يتم تكوينها بواسطة كلا محلولي الإظهار . ومن ثم لا يعالج الفيلم في محلول التبييض إلا بعد معالجته في محلول إظهار الألوان ، ويلى حمام التبييض حمام تثبيت بدلا من حمام التوضيح الضروري في عمليات تشغيل المواد العكسية الأبيض والأسود .

اختيار المحاليل :

من الحدير بالملاحظة أن المحاليل المستخدمة للقيام بوظائف متشابهة في العمليات المختلفة ليست بنفس التركيب الكيميائي . إذ إن محاليل التشغيل المختلفة يجب أن تكون وثيقة الصلة بالصفات المميزة لكل مادة ملونة ، وبقية المحاليل المستخدمة في العملية . ويجب إجراء اختبارات تجريبية متسعة جدا ، لتحديد أفضل اتحاد للمواد الكيميائية ونسبها في ذلك الاتحاد ، في كل مجموعة من مجاميع محاليل التشغيل .

كما يجب إخضاع ظروف التشغيل ، مثل درجات الحرارة ، وأزمة المعالجة في المحاليل ، والتقليب ، إلى مراقبة دقيقة لضمان الحصول على نتائج مقنعة . وتحتوى

كل مادة ملونة على ثلاثة طبقات من العجائن الفوتوغرافية المختلفة التي يجب تشغيلها بالطريقة التي تكفل الحصول على توازن مناسب بينها . ويجب أن تنتج في الطبقات الثلاث النسب المتناسبة من الصبغات الثلاث المختلفة اللازمة لتكوين الصورة النهائية . وكنتيجة لهذا قد يؤدي أى تغيير فى ظروف التشغيل إلى التأثير على النتيجة النهائية بدرجة ملحوظة . وفى جميع الحالات يقوم مصنعو الأفلام بتحديد ظروف تشغيل منتجاتهم ، بعد تجارب عديدة قاموا بها للوصول إلى تحديد أفضل تركيز للمواد الكيميائية ، وأزمنة المعالجة ، وقيم الأس الأيدروجينى بما يكفل المعالجة السليمة لها . وقد تؤدي أى محاولة يقوم بها المستهلك لإجراء تغيير فى الطرق الموصى بها خارج حدود التغيير المسموح بها إلى حدوث مشاكل من نوع أو آخر .

تحضير المحاليل :

يزيد عدد المحاليل الكيميائية المستخدمة فى هذه العمليات الملونة بقدر كبير عن تلك اللازمة لتشغيل المواد الفوتوغرافية الأبيض والأسود ، وخاصة فى محاليل التشغيل . وكذلك تتضمن كيمياء عملية الإظهار بالألوان على تفاعلات كيميائية أكثر تعقيدا بكثير . وبناء على ذلك يجب إخضاع التركيب الكيميائى للمحاليل لمراقبة أكثر دقة ، على أن تتناول هذه المراقبة كمية كل مادة ، وطريقة خلطها بعضها ببعض ، وصفات كل محلول من المحاليل ، مثل الأس الأيدروجينى والوزن النوعى . وتحظى قيمة الأس الأيدروجينى بأهمية ذاتية فى عمليات الإظهار بالألوان ، لأنها تؤثر على التفاعلات المقرنة للصبغات ، بالإضافة إلى تأثيرها على إظهار الصورة الفضية . وتعتبر المراقبة الكيميائية عامة ، فائقة الأهمية والفائدة ، بالنسبة لعمليات تشغيل المواد الملونة . ويحدد صانع الفيلم الخام صفات الضبط الكيميائى اللازم لكل مادة من المواد الملونة . وهو يستخلص هذه الصفات من تجارب عديدة . ويجب على القائم بالتشغيل المحافظة على التوازن المناسب لكل مادة من المواد التى تحتوى عليها محاليل التشغيل .

استعمال تركيبات التحضير :

يجب أن تكون حدود التغيير المسموح بها فى الأوزان ضيقة جدا ، عند القيام بمحاولة تحضير محاليل التشغيل من المواد الكيميائية المنفصلة ، وذلك لضمان الحصول على صور ملونة جيدة . وذلك لأن التغيرات التى قد تلم بتركيز أى مادة من

المواد الكيميائية المستخدمة في تحضير هذه المحاليل تستطيع أن تؤثر على سرعة العجينة الفوتوغرافية ، وعلى النهاية الكبرى للكثافة اللونية الناتجة على الفيلم ، وعلى الصبغات ، والتوازن اللوني . . . الخ ، في كل طبقة من طبقات العجائن الفوتوغرافية الثلاث ، وبدرجات مختلفة عادة . ولا تتصف المقاييس العادية التي ينصح باستعمالها للأغراض الفوتوغرافية بالدرجة الكافية من الدقة ولا سيما فيما يتعلق بقياس مادة الإظهار ، والمواد القلوية ، وأى مادة من المواد التي تستعمل بكميات صغيرة جدا . والحقيقة أنه في الحالة الأخيرة لا يتم استعمال المادة الصلبة بل يستخدم بدلا منها محلول مخفف منها ، يسمح تركيزه بأخذ الحجم اللازم منها ، لإضافته إلى محلول التشغيل ، وذلك كما هو الحال بالنسبة لأيوديد البوتاسيوم في المعادلة المنشورة في الصفحة رقم ٨٣ .

وقيم الأس الأيدروجيني لمحاليل الإظهار حرجة جدا كما ذكرنا من قبل . وقد تأتي قيم الأس الأيدروجيني خارج الحدود المسموح بها بسبب التغيرات المحتملة في نسب بعض المكونات ، حتى ولو تم قياس كل المواد الكيميائية بالدقة اللازمة . ومن ثم يعتبر قياس الأس الأيدروجيني بواسطة جهاز ، من المسائل الأولية الضرورية مع أخذ الاحتياطات اللازمة للتأكد من القراءة الدقيقة ، وإجراء الضبط اللازم طبقا للتعليمات الواردة في تركيبة التحضير .

عبوات الكيماويات المجهزة :

ويمكن تجنب هذه المتاعب باستعمال عبوات الكيماويات المجهزة خصيصا لاستخدامها في العمليات الملونة المختلفة . ولا يتبع المصنعون لهذه العبوات طرق تحضير و خلط عالية الدقة فقط ، ولكنهم يستفيدون أيضا من التسهيلات المناسبة المتاحة لهم ، بحكم إمكانياتهم ، والخبرة الشخصية الضرورية للاختبار ، وإجراء الضبط إذا بينت التجربة الحاجة إليه . وذلك بالنسبة لكل تحضير ، لضمان تمنع جميع المحاليل التي يتم تحضيرها من العبوة الواحدة بالصفات النوعية المميزة للتشغيل الملون الناجح .

ولهذا يعتبر استعمال عبوات الكيماويات المجهزة أكثر اقتصادا فعلا بالنسبة للمستهلك الفرد ، لأنها تجنبه الحاجة إلى الاختبار الدقيق ، وإجراء

الضبط اللازم لكل محلول من المحاليل التي يقوم بتجضيرها من المواد الكيميائية المنفصلة . والاحتياط الوحيد الذي يجب عليه مراعاته عند خلط المحاليل هو أن يتبع تعليمات المزج بعناية للتأكد من تمام إذابة كل مادة كيميائية قبل إضافة المادة الثانية . وتستطيع المواد الكيميائية غير الذائبة في المحلول أن تصيب توازنه الكيميائي بالخلل ، محدثة تأثيرات غير مرغوب فيها في الصورة الملونة بعد إظهارها .

مراقبة التشغيل :

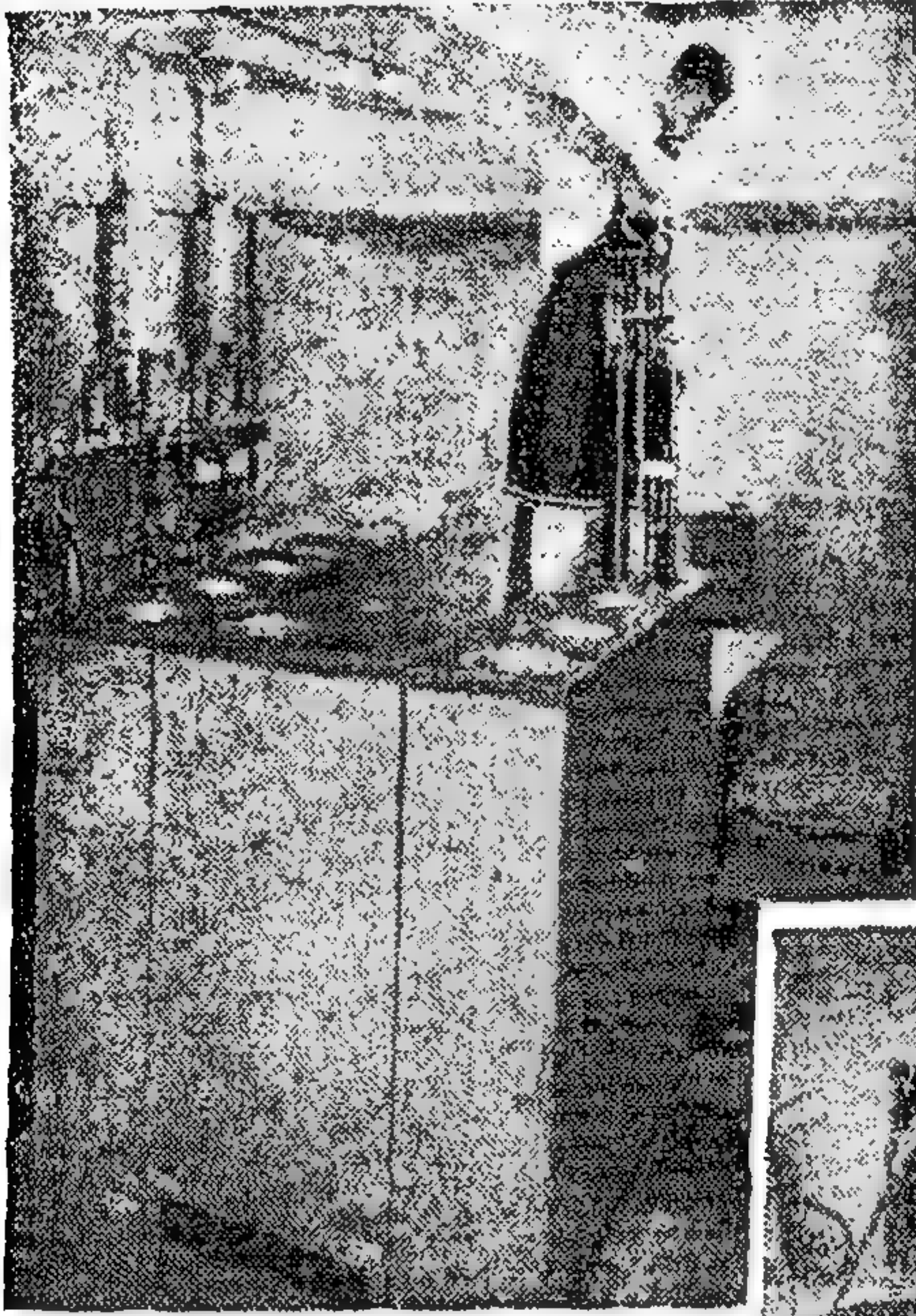
لقد أدى استعمال عبوات المواد الكيميائية المجهزة إلى جعل تشغيل الألوان أمراً عملياً جداً وبسيطاً نسبياً ، لأن أوجه المراقبة أثناء دورة التشغيل ، تقتصر على أزمنة المعالجة ، ودرجات الحرارة ، والتقليب فقط .
وحيثما يصبح كل ما يحتاج إليه القائم بالتشغيل هو جهاز تشغيل مناسب وترموتر دقيق .

درجة الحرارة :

يتأثر معدل حدوث التفاعلات بين المواد الكيميائية بدرجة حرارة المحلول . وينقص معدل التفاعل أو يزداد تبعاً لانخفاض درجة الحرارة أو ارتفاعها على الترتيب . ولقد قررنا من قبل عند الحديث عن تشغيل المواد الملونة أن عملية الإظهار بالذات تشتمل على عدد من التفاعلات الكيميائية المعقدة . ونظراً لأن بعضها أكثر حساسية لدرجة الحرارة من الأخرى ، فإن مدى تغيره سوف يزداد عن مدى تغير التفاعلات الأخرى . وفي التفاعلات التي تتم بين مقرنات الصبغات المختلفة ونتائج تأكسد مادة الإظهار ، قد تختلف العلاقات القائمة بين معدلات التفاعلات المختلفة ، بدرجة كبيرة ، عند درجات الحرارة التي تزيد أو تنقص عن تلك التي قد حددتها المواصفات . ويترتب على هذا أن الصبغات تتكون في الطبقات الثلاث بنسب غير صحيحة . وبالتالي لن يكون التوازن اللوني ، والتباين بين الألوان صحيحين . ويتضح من هذا أنه يجب تحاشي تغير درجات الحرارة الموصى بها .

ويجب إخضاع درجات حرارة المحاليل المستخدمة في تشغيل المواد الفوتوغرافية الملونة إلى مراقبة دقيقة ، سواء أكانت من النوع العكسي أو من النوع

(النظام) السالب - الموجب . ولا تتم في المحاليل الأخرى تفاعلات كثيرة مثل التي تتم في محلول الإظهار . ولكن معدل التفاعل عند درجة حرارة معينة في أحد المحاليل يعتمد اعتمادا مباشرا على التفاعلات التي تتم في المحاليل الأخرى في الدورة . ولهذا يجب عدم تغيير درجات الحرارة الواردة في مواصفات التشغيل .



تشغيل الأفلام الملونة على نطاق متسع وعلى نطاق ضيق

إلى اليسار : الشكل رقم (٣١)

جهاز الاطار والتك . ويسمى جهاز كوداك ذو الاطار والتك لتشغيل الأفلام الملونة ويستخدم في المعامل الفوتوغرافية الخاصة بالمحترفين .

إلى اليمين : الشكل رقم (٣٢)

ربطة تشغيل الفيلم كوداك اكتاكروم الخمسة وثلاثين ملليمتر .

وهي مصممة بهدف الاستعمال المنزلى

زمن المعالجة :

تحتل الفترة الزمنية المحددة للتفاعلات الكيميائية بأهمية خاصة في تشغيل الأفلام الملونة . لأنه من المستحيل تقريبا موازنة الأخطاء التي تنتج عن تغييرها . وقد تلم بالفيلم بعض العيوب نتيجة استعمال أزمنة معالجة قصيرة جدا ، أو طويلة جدا . وتتعلق هذه العيوب بانخفاض أو ارتفاع قيمة الحاما والتباين ، ونشوء قدر من الصبغة كبير جدا أو قليل جدا في طبقة واحدة ، أو في كل الطبقات . وكذلك ظهور بقع مختلفة الألوان بسبب عدم إزالة نواتج التفاعل من فوق العجينة الفوتوغرافية تماما .

التقليب :

تعتمد درجة وطريقة التقليب المستعملة على تصميم أداة التشغيل إلى حد كبير . وفي العادة يقترح مصنع المادة الفوتوغرافية نوع أداة التشغيل ، كما يعطى تعليمات بخصوص نظام التقليب . وقد يكون من الضروري اجراء تغييرات طفيفة في هذه التعليمات لضبط التقليب في أداة تشغيل تختلف في التصميم ، بدرجة طفيفة ، عن تلك التي ينصح صانع المادة الحام باستخدامها . ويؤدي التقليب المنخفض جدا عامة إلى عدم تجانس عملية التشغيل . وبالرغم من أن اتاحة مزيد من التقليب ليست عادة بنفس خطورة التقليب الناقص ، إلا أنه من الممكن أن يؤدي هذا أيضا إلى الحصول على نتائج غير متجانسة بالاضافة إلى جعل الفيلم زائد الإظهار بدرجة طفيفة . ومهما كان الأمر فإن التقليب القوي المستمر يعتبر ضروريا وأساسيا أثناء الخمس عشرة ثانية الأولى في المظهر .

ويجب تصميم التنكات المخصصة لتشغيل لفات الأفلام بحيث يمكن إجراء التعريض الضوئي الثاني للفيلم العكسي داخل الجهاز (داخل التنك) بدون الحاجة إلى إزالته وإعادةه إليه بالتالي بعد التعريض .

وتعتبر الأفلام الملونة ، وهي مبتلة ، أكثر رقة من الأفلام الأبيض والأسود بدرجة كبيرة . وهي تظل معرضة لخطر التشوه الفيريائي حتى تصل إلى درجة الحفاف .

تلوث المحاليل بعضها ببعض :

من الضروري في عمليات تشغيل السليبات الأبيض والأسود ألا يسمح لحمام التثبيت بتلوث المحلول المظهر خوفاً من احتمال حدوث ضباب كيميائي يطمس الصورة الجارية إظهارها في المحلول الملوث . ويجب أن نتجنب في التشغيل العكسي الأبيض والأسود تلوث أحد المحاليل بالآخر ، مثل اختلاط المظهر بمحلول التبييض ، كما يجب استعمال الشطف المائي طبقاً للتعليمات المنشورة ، للحيلولة دون تشوه الصور وإصابتها بالبقع . وفي أنظمة تشغيل المواد الفوتوغرافية الملونة — والتي تعتبر بلا شك أكثر تعقيداً من تشغيل تلك التي بالأبيض والأسود — يحظى الشطف المائي بين خطوات التشغيل بأهمية كبيرة . فبفضله نتجنب ما قد يصيب محاليل التشغيل المتتالية (التي تشمل عليها دورة التشغيل) من تلوث بعضها البعض . ويجب ضبط معدل سريان الماء للحصول على الأقل على دورة كافية من ماء الغسيل حول الفيلم في التنك . وبذلك نضمن توافر مورد مستمر من الماء الطازج Fresh في ملامسة سطح العجينة الفوتوغرافية على المادة التي يجري غسيلها . وكذلك تعتبر مراعاة درجة حرارة ماء الغسيل الموصى بها مسألة هامة وأساسية . إذ إن الغسيل يستطيع عند هذه الدرجات (أي الموصى بها) أن يزيل بقايا المواد الكيميائية العالقة في طبقات العجينة الفوتوغرافية بكفاية أكبر . كما أن مراعاة ما ورد في مواصفات التشغيل عن درجات الحرارة تؤدي إلى تجنب ما قد يصيب العجينة الفوتوغرافية من تشويه عند درجات الحرارة الأعلى .

ويؤدي تلوث محاليل التشغيل ببعضها البعض إلى حدوث بعض الأخطاء البالغة الخطورة . فمثلاً يؤدي وصول أي قدر من حمام اكساب الصلابة إلى محلول الإظهار الأول ، إلى انخفاض السرعة العكسية مما يخل بالتوازن اللوني . وفي تشغيل الاكثاروم يعاني التوازن اللوني من تأثير مشابه بعض الشيء نتيجة للسبب السابق ذكره (أي تلوث المظهر الأول بحمام اكساب الصلابة الجيلاتين Hardener . ويجب أخذ جميع الاحتياطات الكفيلة بعدم تلوث محلول إظهار الألوان بمحلول التوضيح ، فإن ذلك قد يسبب حدوث ازاحة خطيرة في التوازن اللوني . ولقد ذكرنا هذه الأمثلة بالذات من حالات التلوث لشدة خطورتها ، وعدم وجود أي حدود للخطأ المسموح به في

شأنها . ولا يقتصر تأثير هذا النوع من التلوث على الصفات المميزة للصورة ، بل إنه يمتد أيضا إلى الحياة النافعة للمحالييل التي يلم بها . وكذلك يتناول قدرتها على البقاء صالحة للاستعمال . ومن هذا يتضح لنا ضرورة اتباع تعليمات التشغيل بالضبط ، حتى نستطيع تحقيق النتائج المقنعة .

المراقبة الفوتوغرافية :

إن تعليمات التشغيل التي ينشرها صانع المواد الفوتوغرافية هي ثمرة عدة اختبارات بالغة الدقة أجريت على المواد في المصانع قبل تقديمها للمستهلك . وإذا اتبع القائم بالتشغيل ، هذه التعليمات بكل تفاصيلها ، فمن المؤكد أنه سيحصل على النتائج المقنعة التي توقعها من اختياره لمادة فوتوغرافية معينة . وذلك بشرط أن يكون التعريض الضوئي الأولي الذي استقبلته هذه المادة (في آلة التصوير أو جهاز الطبع) صحيحا . وفي بعض الحالات ، مثل تلك المتعلقة بالتشغيل المستمر كما في معامل السينما أو تلك المتعلقة بتشغيل كميات كبيرة من المواد الفوتوغرافية كما في معامل المحترفين الفوتوغرافية ، من الضروري أن تتوافر لدى القائمين بالتشغيل وسائل تؤكد لهم خضوع ظروف التشغيل للرقابة الدقيقة ، التي تمكنهم من الحصول على النتائج الطيبة التي يتوقعونها .

ولهذا الغرض يقدم صانع الفيلم الخام للعميل ، نوعين من شرائح الاختبار القياسية . النوع الأول عبارة عن شرائح غير مشغولة قد تم تعريضها بمعرفة الصانع في ظروف قياسية . والنوع الثاني عبارة عن شرائح مشغولة قد استقبلت نفس التعريض الضوئي القياسي الذي على النوع الأول . ويقوم العميل بتشغيل إحدى شرائح النوع الأول عند فترات مختارة . ثم يقارن النتائج مع شريحة الاختبار القياسية المشغولة ، إما بواسطة العين ، أو بواسطة أحد أجهزة قياس الكثافة أو بكليهما . وتتيح له هذه المقارنة وسيلة مباشرة لاختبار ظروف التشغيل .

الباب الرابع عشر

غسيل المواد الفوتوغرافية المشغولة

يستعمل الماء في التشغيل الفوتوغرافي لإزالة المواد الكيميائية من فوق العجائن الفوتوغرافية بعد خروجها من كل محلول من المحاليل المستخدمة في عمليات المعالجة الكيميائية المتنوعة . وذلك لمنع تلوث المحاليل المتتابة ببعضها البعض . ويستعمل الماء كذلك في مراحل الغسيل النهائي لإزالة المواد الكيميائية المتبقية على الفيلم بعد خروجه من آخر حمامات التشغيل ، لتحاشي تشوه الصورة فيما بعد .

لقد اتجهت الأنظار منذ سنوات طويلة إلى الأهمية الفائقة لعملية إزالة المواد الكيميائية من على المواد الفوتوغرافية بعد تشغيلها . وبذلك توافرت لدينا معرفة الكثير عن الغسيل ، والعوامل المتعلقة به ، والتي تؤثر على اكتمال عملية التشغيل نتيجة لحدوث أى خلل بمرحلة الغسيل . وبالرغم من أن جميع الدراسات العملية المتعلقة بالغسيل قد أجريت على المواد الفوتوغرافية الأبيض والأسود لإزالة بقايا المواد الكيماوية الخاصة بمحلول التثبيت من عليها ، فقد ثبت أنه يمكن تطبيق الكثير من التوصيات التي تم الخروج بها من هذه الدراسة على أى عملية من عمليات الغسيل سواء في تشغيل الفيلم الأبيض والأسود ، أو في تشغيل الفيلم الملون .

ر يعتمد الغسيل الجيد للمواد الفوتوغرافية السالبة أو الموجبة على مصدر المياه وعلى تصميم جهاز الغسيل ، وكيفية استخدامه .

ويعتبر فهم ميكانيكية الغسيل أمراً هاماً سواء ، بالنسبة لتصميم أو تشغيل جهاز الغسيل بنجاح . ويمكن وصف عملية الغسيل كما يلي ، بدون التعرض للمسائل الرياضية

المتعلقة بها : إذا وضعنا في اعتبارنا طبقة من الجيلاتين القراح التي قد تم فرشها على لوح زجاجي أو على دعامة فيلمية ، ثم عولجت في أحد المحاليل المختلفة ، وليكن حمام التثبيت على سبيل المثال . ونتيجة لهذه المعالجة ستحتفظ الطبقة الجيلاتينية ببعض كيمويات التثبيت حيث تبقى منتشرة خلالها . وإذا استطعنا أن نغمر هذا اللوح أو الدعامة بعناية في وعاء مملوء بالماء ، وبدون تقلبها ، فسوف يتم تخفيف تركيز الهيبو المنتشر على السطح . ولكن الماء الساكن لن يستطيع إزالة الهيبو سواء من الطبقة كلها أو من فوق السطح فقط . أما إذا وفرنا تقلباً طفيفاً ، بتحريك الوعاء مثلاً ، فقد يمكن إزالة الهيبو المخفف من فوق سطح لوح الجيلاتين . وذلك لأن التقلب الخفيف يسمح لطبقة الجيلاتين بملامسة ماء غير مستعمل ، مما يؤدي إلى زيادة درجة تخفيف الهيبو المنتشر في طبقة الجيلاتين . وكلما كررنا هذه العملية ، تمت إزالة قدر أكبر من الهيبو من مستويات أعمق في الجيلاتين ، حتى يتم في النهاية إزالة الهيبو تماماً .

ويمكن إزالة الهيبو إما بالغسيل في مجموعة من الأوعية المملوءة بالماء ، أو في جهاز واحد بواسطة الماء الجارى . وفي الحالة الأولى سرعان ما يتلوث الماء بالهيبو ، حتى يصل محلول الهيبو الموجود في الوعاء إلى حالة من التعادل أو التوازن مع الهيبو الموجود في طبقة العجينة الفوتوغرافية .

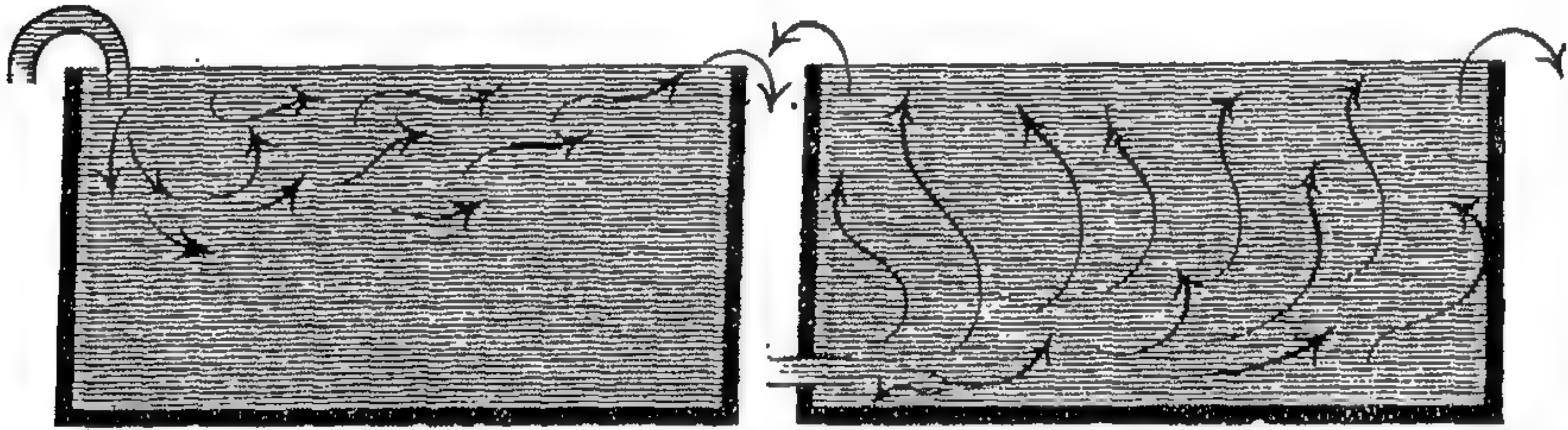
ويعنى هذا أن تركيز الهيبو في كل من الوعاء ، وطبقة الجيلاتين قد وصل إلى الحد الذي لا يسمح للمزيد من الهيبو بالانتشار خارج الجيلاتين . وبعد ذلك تنقل الصور الموجبة أو السالبة إلى الوعاء التالى من أوعية الماء الطازج ، وتستمر العملية حتى يزول كل الهيبو .

العوامل الفيزيائية في عملية الغسيل :

لقد أصبح الماء الجارى في متناول اليد عامة في يومنا هذا . ومن ثم تجرى أغاب عمليات الغسيل أو الشطف في وحدة واحدة يسرى الماء خلالها تحت ظروف تخضع للتحكم والمراقبة إلى حد ما .

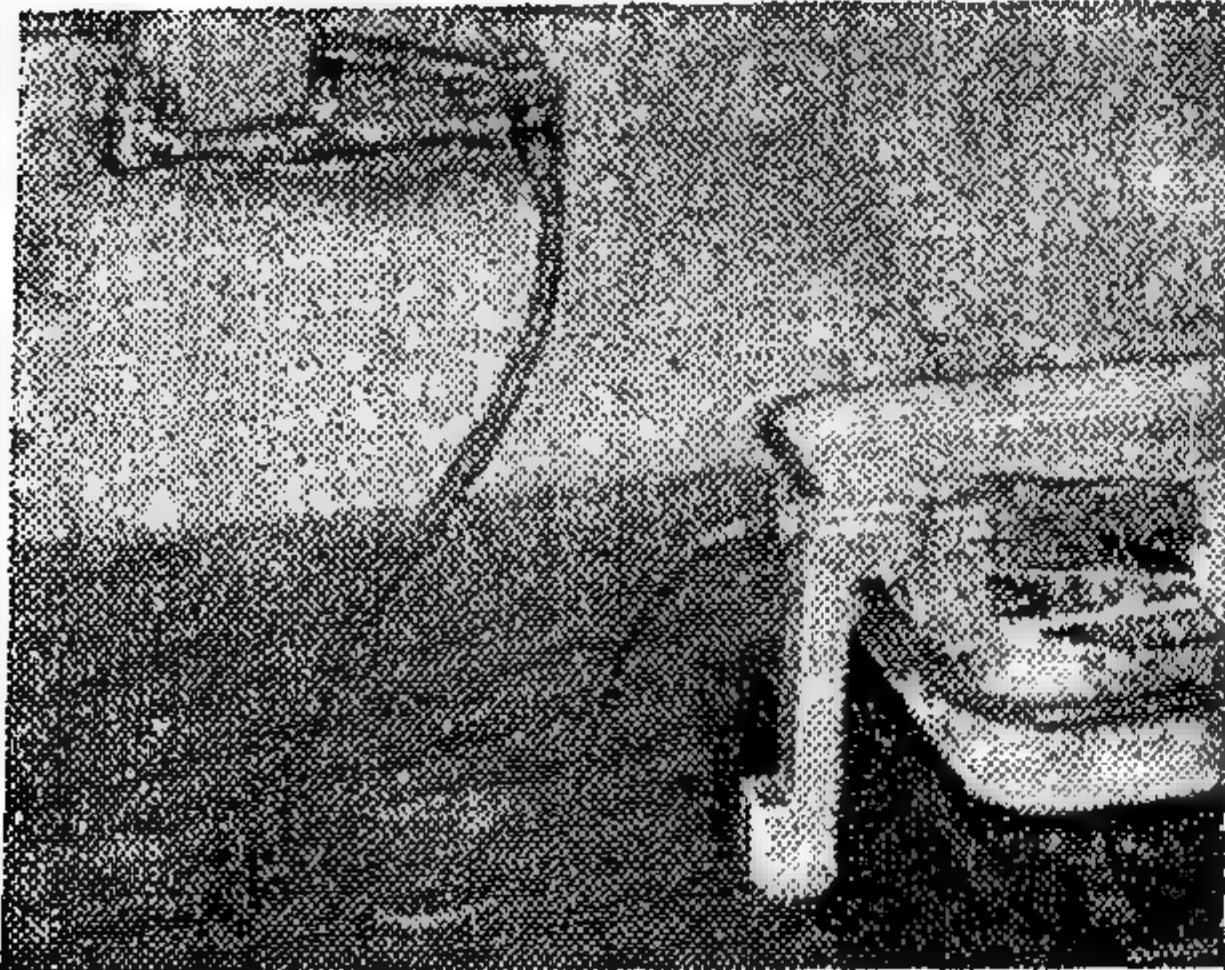
وتتوقف كفاية نظام الغسيل مباشرة على العوامل الآتية : (١) - معدل سريان الماء، مقدرا بعدد الحالونات في الدقيقة مثلا . (٢) - عدد المرات التي يتم فيها تغيير الحجم الكلى للماء في فترة زمنية معينة . (٣) تصميم جهاز الغسيل .

ويرتبط العاملان الأوليان من هذه العوامل ببعضهما البعض ارتباطا وثيقا . ويجب ضبط معدل سريان الماء في أى جهاز من أجهزة الغسيل البسيطة، بما يكفل تغيير الحجم الكلى للماء تماما، مرة واحدة كل خمس دقائق . ويمكن التأكد من حدوث ذلك بطريقة سهلة عن طريق إضافة كمية يتراوح مقدارها فيما بين نصف الأوقية والأوقية السائلة الواحدة من محلول صبغة ذات لون داكن ، أو من محلول برمنجنات البوتاسيوم ، إلى الماء الموجود في تنك الغسيل . ويمكن معرفة الزمن الذى يتم فيه تغيير الماء بملاحظة الزمن الذى ينقضى حتى يختفى لون الصبغة من التنك تماما . ويجب أن يتم ذلك خلال



شكل رقم (٣٣)

لا يحدد موضع دخول الماء عند قمة التنك كما هو موضح في التنك الموجود على اليسار ولكن عند ركن في قاعه كما هو موضح في التنك الموضوع على اليمين وذلك حتى نستطيع الحصول على دورة كاملة للماء



شكل رقم (٣٤)

يوصى باستعمال سيفون يركب على تنك الماء كما في الشكل لتوفير غسيل كاف في حالة استخدام الأوعية

خمس دقائق إذا كان سريان الماء كافيا . وفي بعض أجهزة أو أدوات الغسيل قد لا تسمح الإمكانيات بتوفير هذا الشرط الخاص بزمن تغير ماء الغسيل ، أما بسبب التصميم الهندسي للجهاز ، أو بسبب القيود المتعلقة بمصدر المياه . ولا يمكن الحصول على غسيل كاف عند استعمال نض أو قطر من الماء . فمثلا يعتمد الكثير من المصورين الفوتوغرافين عند غسيل الألواح الفيلمية في نهاية تشغيلها إلى وضع كلبسات ، أو مشابك الأفلام ، في تنك مملوء بالماء ، ويغذى به — أى بالماء — عن طريق خرطوم موضوع على طرف التنك . وعندما لا يكون معدل سريان الماء كافيا ، فإن تحرك الماء وتغييره يقتصران على الجزء العلوى من التنك فقط . ويبقى الماء في القاع وفي الأجزاء السفلى من التنك راكدا . ويترتب على ذلك غسيل الجزء العلوى من المادة الفوتوغرافية بمعدل أكبر من ذلك الذى تغسل به بقية مساحته البعيدة عن السطح . ولكننا نستطيع في مثل هذه الظروف توفير وسيلة مناسبة لتقليب ماء الغسيل إذا ما جعلنا الفتحة التى ينفذ منها الماء إلى التنك عند قاعه . إذ إننا نستطيع بتوفير معدل سريان مناسب للماء أن نحصل على درجة من التقليب تشمل حجم الماء بأكمله . وبذلك نضمن ملائمة الماء الطازج لكل مساحة المادة الفوتوغرافية المطلوب غسيلها ، وبطريقة مستمرة تقريبا . ونحصل على غسيل غير كاف (أوفير) ، عندما نسمح للماء بأن ينزل بالكاد في قطرات خلال خرطوم عند أحد طرفي الوعاء . فلا توفر هذه الطريقة قدرا من الحركة أو التقليب للماء يكفى لحفظ الأفلام أو أوراق الصور منفصلة عن بعضها البعض . ولا يكون الغسيل فعالا إلا عند الأطراف فقط .

ومهما كان الأمر فإن تركيب سيفون أو فونية مشابهة له على وعاء الغسيل ورفع ضغط الماء بحيث يكفى لمد التنك بتيار نفث قوى من الماء ، يؤدي إلى الحصول على غسيل كاف .

ويعتبر حجم الاناء أو التنك المستخدم في الغسيل هاما جدا ، ويجب اختياره بعناية بناء على كمية وحجم الأفلام أو أوراق الطبع المشغولة المطلوب غسيلها . فمثلا لا يمكن توفير غسيل كاف لدسته واحدة من أوراق التصوير ، مقاس 10×8 بوصة في وعاء مساحة سطحه 10×8 بوصة — إذ لا يمكن فصل الأوراق وتحريكها في الماء

بالقدر المناسب في هذا الوعاء الضيق . بل يجب غسل هذه الأوراق في وعاء سعته 16×20 بوصة أو وعاء أكبر حجما . وكذلك يجب ضبط عمق الماء بما يسمح للصور المطبوعة بالحركة السهلة في الماء . ويعتبر أى عمق غير مطلوب (أو غير ضرورى) للماء بمثابة تبذير لا داعى له ، إذ إن هذا العمق يتطلب توفير معدل أكبر من سريان الماء لاتاحة غسيل كاف في أقل وقت ممكن .

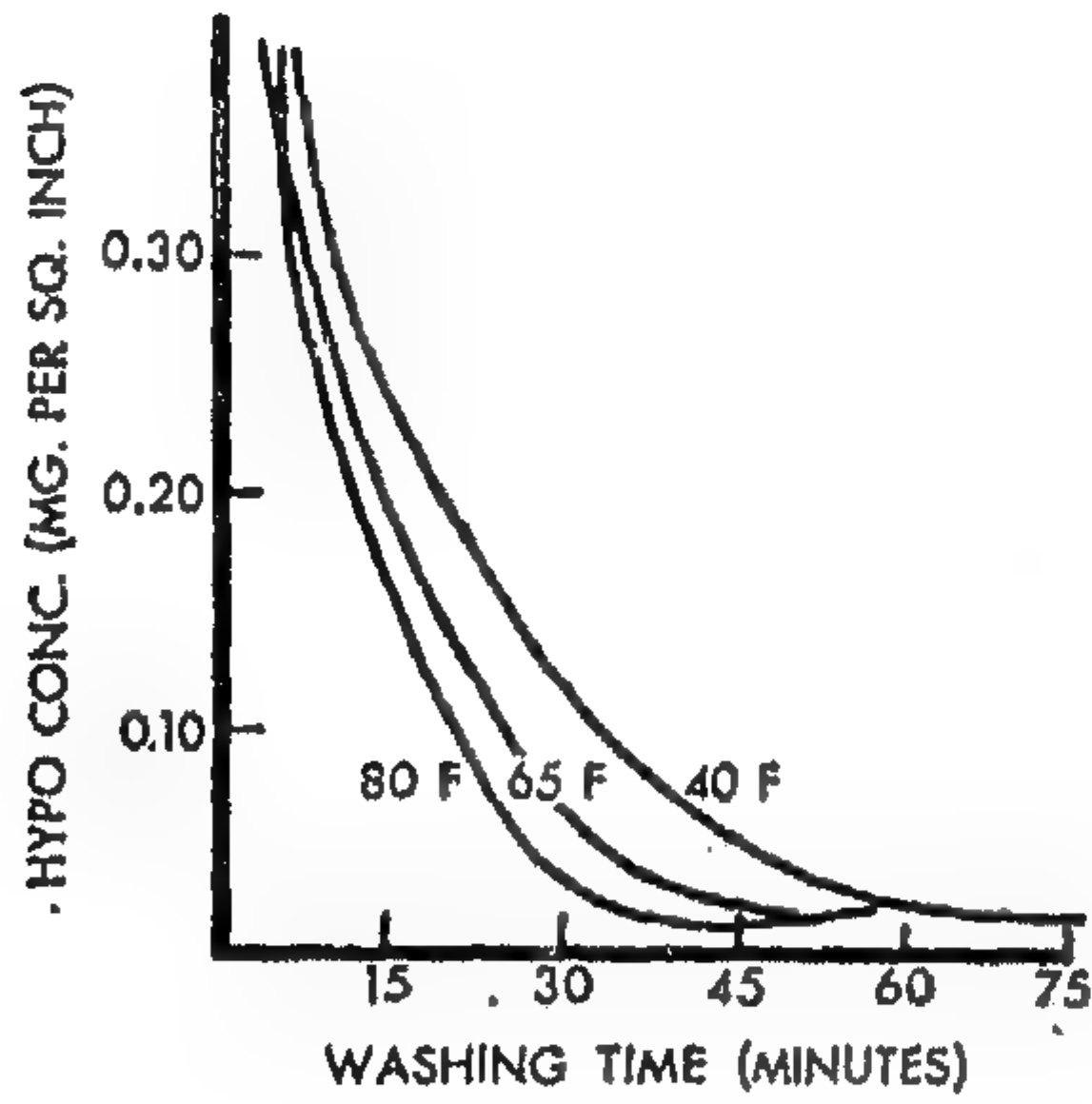
وعندما يكون تنك الغسيل كبيرا جدا للدرجة التى تسمح باستخدام سيفون عليه ، فانه يجب الاهتمام بتصميم التنك بالنسبة للفتحة التى يدخل منها الماء إليه ، وكذلك تسهيلات صرفه . وبالنسبة لتنك جيد التصميم يصلح لاستخدامه في غسل الطبقات يجب اعداد فتحات دخول الماء بما يسمح بتوفير الحد الأقصى من تقليب أو تحريك الماء في داخله ، مع استخدام الحد الأدنى من الماء في الغسيل . وبذلك يمكن منع تراكم الأوراق في مركز الوعاء . وتعتبر الفتحات المغمورة الموجودة عند قاع التنك ملائمة لهذا الهدف - إذا أقيمت في المواضع المناسبة . وتتيح تنكات الغسيل المجهزة برشاشات فوقها توافر قدر من الحركة والتقليب المناسبين للماء . ولكنها تحتاج عادة إلى معدل أكبر لسريان الماء كما تميل إلى نثر الماء حولها . وتوجد في الأسواق وحدات غسيل عديدة جيدة التصميم .

درجة حرارة ماء الغسيل :

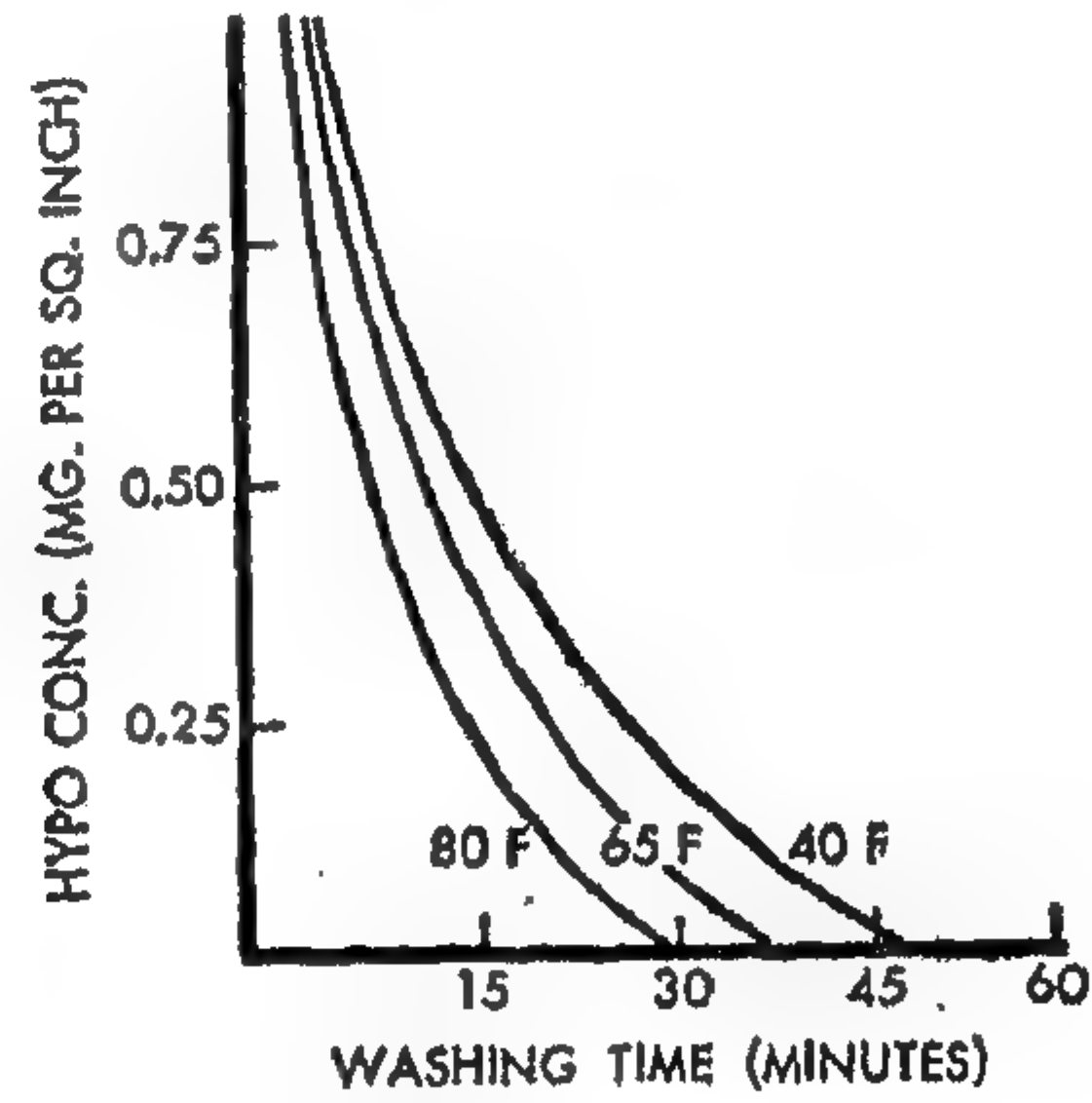
لدرجة حرارة ماء الغسيل تأثير واضح على معدل إزالة بقايا الهيبو، ومركبات الفضة من فوق المواد الفوتوغرافية المطلوب تثبيتها سواء أكانت أفلاما أم أوراق تصوير . وقد ورد في كثير من الأبحاث المنشورة أن درجات الحرارة العالية، تؤخر فعلا من معدل إزالة الهيبو . وهذا حقيقى عندما ترتفع درجة حرارة المحلول المثبت المستخدم بقدر كبير عن المستوى الذى يجب أن تكون عليه عمليا . وذلك لأن الجيلاتين الموجود في العجينة الفوتوغرافية ينتفخ نتيجة امتصاصه للمحلول المثبت ، ويمضى هذا الانتفاخ إلى الحد الذى يعوق عمليات الانتشار التى تتم عند درجات الحرارة العادية أثناء التشغيل العادى . وقد أثبتت الأبحاث التى أجريت في السنوات الحديثة ، أن الماء الذى تتراوح درجة حرارته فيما بين 40° فهرنهايت ، 80° فهرنهايت ، يستطيع القيام بعملية الإزالة البطيئة والأكثر سرعة على الترتيب .

ويوضح الشكل رقم ٣٥ ، والشكل رقم (٣٦) التأثيرات النسبية عند درجات الحرارة ٤٠ فهرنهايت ، ٦٥ فهرنهايت ، ٨٠ فهرنهايت . وتبين النتائج الممثلة في كلا الشكلين ، والتي تم الحصول عليها تحت ظروف خاضعة لتحكم دقيق ، أن مقدار الهيبو الذي تم إزالته في فترة زمنية محددة ، يزداد بارتفاع درجة الحرارة . وفي حالة تشغيل الأفلام ينقص الزمن الكلي اللازم لإزالة كل الهيبو بحوالى ثلاثين فى المائة إذا ارتفعت درجة حرارة المحلول المثبت من أربعين درجة فهرنهايت إلى ثمانين درجة فهرنهايت .

ولقد ذكرنا من قبل أن الأوراق المستخدمة فى الطبع ذات بناء أكثر تعقيدا ، الأمر الذى يؤدي إلى احتفاظها بكميات طفيفة من الهيبو ، لا يمكن إزالتها بالغسيل فقط ولا تتغير الكمية المتبقية من الهيبو إذا كان زمن المعالجة فى المحلول المثبت قصيرا سواء أكان الورق من النوع ذى الوزن المفرد ، أم من النوع ذى الوزن المزدوج . وعند وضع جميع الصفات الفيزيائية المميزة لمنتجات الفيلم والورق فى الاعتبار ، فإننا نستنتج أنه يمكن استعمال ماء الغسيل فيما بين ٦٥ فهرنهايت ، ٧٠ فهرنهايت للحصول على إزالة أكثر كفاية للهيبو .



شكل رقم (٣٦)



شكل رقم (٣٥)

الورق

العوامل الكيميائية التى تؤثر على عملية الفسيل :

تتطلب المواد الفوتوغرافية عامة، زمن غسيل طويل بدرجة غير مرغوبة . حتى إذا توافرت لدينا أكثر الأجهزة كفاية من حيث : التصميم الهندسى ، والحد الأقصى

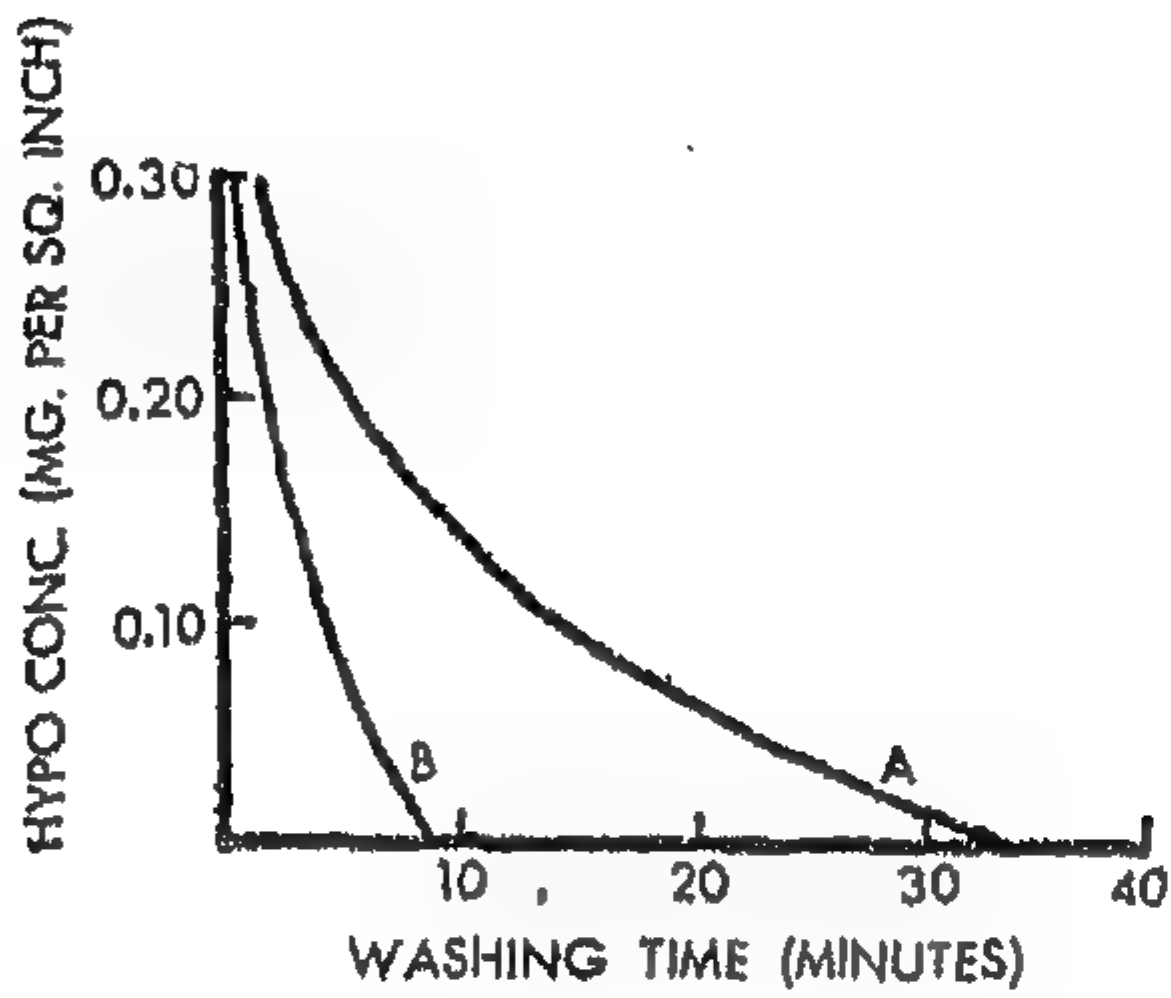
لمعدل سريان ماء الغسيل. ومن ثم فقد تم البحث عن وسائل كيميائية متنوعة لاستخدامها بهدف إنقاص الزمن اللازم للغسيل ، إما عن طريق تفتيت المواد الكيميائية المراد التخلص منها، أو عن طريق الإسراع بمعدل إزالتها من فوق المواد الفوتوغرافية . فمثلا ، من الأفضل في العمليات الفوتوغرافية التي تشتمل على عدد من الخطوات الكيميائية ، كالعملية العكسية مثلا ، أن تحتوى دورة التشغيل على خطوات شطف مائي قصيرة بقدر الإمكان . وبذلك نستطيع تقصير الزمن الكلى لدورة التشغيل . ومن ثم يجب أن يتم تركيب كل حمام كيميائي بالكيفية التي تحول دون تلوثه بأى كمية — مهما كانت قليلة — من المواد الكيميائية الموجودة في الحمامات التي قبله ، وبحيث يستطيع الحمام معادلة هذه الآثار الطفيفة أو تفتيتها ، إذا اقتضى الأمر ، بدون أن ينتاب الخطوات التالية المتبقية من دورة التشغيل أى ضرر . وبناء عليه فإن حمام التوضيح التي تحتوى عليه دورة تشغيل الأفلام العكسية ، والذي يأتى دوره بعد انتهاء معالجة الفيلم في حمام التبييض ، له تأثير مضاد للفعل المؤكسد لأى مادة من المواد المؤكسدة الداخلة في تركيب محلول التبييض . وبذلك يساعد على إزالة مركبات الفضة الناتجة عن تبييض الصورة السالبة (التي تنشأ في محلول الإظهار الأول) . وهو كذلك يهيئ هاليدات الفضة المتبقية على الفيلم للاستجابة إلى التفاعلات التي تتم في مرحلتى التعريض الضوئى الثانى ، والإظهار الثانى .

وعلى هذا الأساس يتم اقتراح عدة مركبات مختلفة ، تستطيع أن تفكك الهيبو الموجود على أوراق طبع الصور الأبيض والأسود، أو تحول هذه المركبات إلى بعض المركبات العديمة الضرر، وذلك لتقصير الزمن اللازم لغسيل هذه المواد . ول سوء الحظ ، أن أغلب هذه المعالجات قد قام على أساس استغلال المحاليل الحامضية المؤكسدة التي لا تؤكسد الهيبو ، في عملية واحدة إلى الكبريتات التي لا تضر الفيلم ، بل تكون مركبات بسيطة مثل التتراثيونات Tetrathionates التي تتميز بأنها ذات تأثير ضار ، بل مثل تأثير الهيبو بالضبط من حيث القدرة على إصابة الصورة بالخفوت . هذا بالإضافة إلى أن هذه المحاليل نفسها تميل في أغلب الأحيان إلى مهاجمة الصور الفضية ، ولا سيما مناطق الكثافة المنخفضة منها .

وفي ١٩٤٠ أوصى باستعمال مادة قلوية مؤكسدة فعالة . وتحتوى هذه المادة على فوق أكسيد الهيدروجين ، وأيدروكسيد الأمونيوم بالنسب الصحيحة اللازمة

لانتاج أس أيدروجيني مقداره ٩,٥ أو أكثر . وهي تؤكسد الهيبو تماما إلى كبريتات الصوديوم غير الضارة بالنسبة للصور الناتجة على الأفلام . وقد ثبت أن هذه المادة التي يطلق عليها اسم مزيل الهيبو Hypo Eliminator ذات فائدة في إزالة آخر بقايا الهيبو من على الصور المطبوعة التي قد حفظت لفترة زمنية طويلة . ولكنها أظهرت ميلا إلى تعقيد طريقة الغسيل ، ولم يساعد على انقاص زمن الغسيل بدرجة ملحوظة .

ولقد أمكن انقاص زمن الغسيل بقدر كبير باستخدام المواد التي تسرع بمعدل إزالة المواد الكيميائية غير المرغوب في بقائها على الفيلم ،

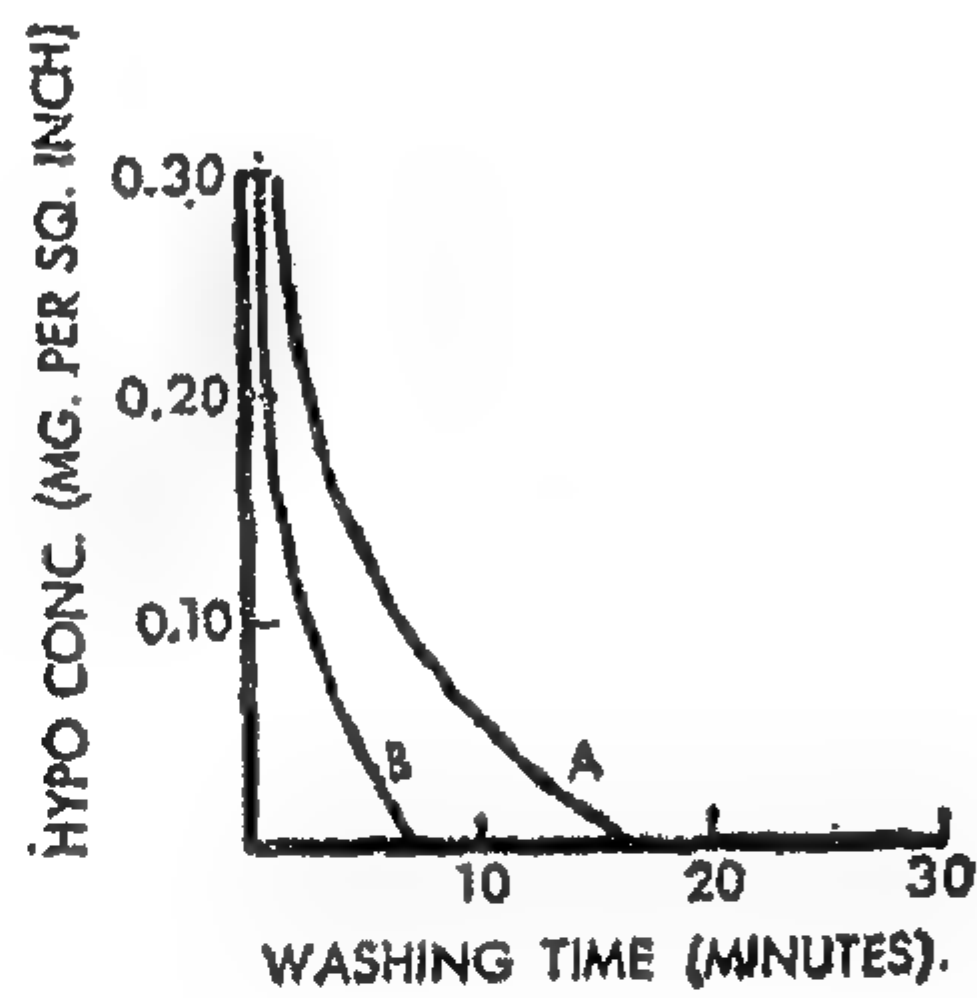


شكل رقم (٣٧)

حمام تثبيت غير مكسب للصلابة

(أ) قيمة الأس الأيدروجيني أقل من ٩,٥

(ب) قيمة الأس الأيدروجيني أكبر من ٩,٥



شكل رقم (٣٧)

حمام تثبيت حامضي مكسب للصلابة

(أ) قيمة الأس الأيدروجيني أقل من ٩,٥

(ب) قيمة الأس الأيدروجيني أكبر من ٩,٥

تأثير الأس الأيدروجيني :

لقد تعرضنا في الباب الخامس إلى وصف تأين الأملاح الموجودة . بالمحاليل على أنه انقسام لبعض الجزيئات إلى ذرات ذات شحنات كهربية أو مجاميع من الذرات تسمى الأيونات . ويتأين الهيبو (أي ثيوسلفات الصوديوم) في المحاليل بالكيفية التي تعبر عنها المعادلة التالية :



ولقد ذكرنا من قبل ، أن الجيلاتين المستخدم في صناعة المستحلبات الفوتوغرافية ، عبارة مادة غروية التي تتميز ببعض الصفات الخاصة . فهو يشتمل في بنائه

الشديد التعقيد على عدد كبير من مجاميع الأمينو (— ن يد م) ، والكاربوكسيل (— ك أ أيد) ، وهى على الترتيب ذات طبيعة قلوية وحامضية . وعندما يضبط الأس الأيدروجينى لمحلول من الجيلاتن ، أو لفيلم مبتل مغطى بالجيلاتن إلى قيمة ٤,٩ ، يتم موازنة نشاط هاتين المجموعتين ، ويصبح الجيلاتن متعادلا بالنسبة للحامض والقلوى . وتسمى هذه القيمة للأس الأيدروجينى (أى ٤,٩) بنقطة تساوى الشحنات الكهربائية للجيلاتن Isoelectric Point . ومن الحقائق التى تحظى بأهمية خاصة فى غسيل العجائن الفوتوغرافية تلك التى تنص على أنه إذا كانت قيمة الأس الأيدروجينى أقل من ٤,٩ (أى كان المحلول أكثر حامضية) فإن أيونات الثيوسلفات (ص ٢ ك ب أ) السالبة الشحنة سوف يتم إدمصاصها بواسطة الجيلاتن من المحلول. أما إذا كانت قيمة الأس الأيدروجينى أعلى ، أى إذا كان الجيلاتن أكثر قلوية مما تتيحه قيمة أس أيدروجينى مقدارها ٤,٩ ، فلن يتم ادمصاص أيونات الثيوسلفات على سطح الجيلاتن . وكذلك تتأين مركبات الفضة التى تكونت فى المحول المثبت منتجة أيونات مركبة سالبة الشحنة يتم ادمصاصها بواسطة الجيلاتن عندما تكون عند قيمة الأس الأيدروجينى أقل من ٤,٩

ويبين الشكل رقم (٣٧) والشكل رقم (٣٨) التفسير العملى لهذه الحقائق . حيث يقدمان نتائج قد تم الحصول عليها من تجارب خضعت للمراقبة والتحكم باستعمال حمام تثبيت غير مكسب للصلاية فى أحدهما ، وحمام تثبيت مكسب للصلاية فى الأخرى . وفى كلتا الحالتين قد تم ضبط قيمة الأس الأيدروجينى عند قيمة أقل من ٤,٩ أولا ثم عند قيمة أعلى من ٤,٩ .

وبالرغم من أن حمامات التثبيت المكسبة للصلاية تستخدم فى أغراض عملية مختلفة عند قيم أس أيدروجينى أقل من ٤,٩ ، فانه يمكن الاستفادة من ذلك التأثير للأس الأيدروجينى بجعل الماء (ماء الغسيل) على درجة كافية من القلوية ليكسب العجينة الفوتوغرافية قيمة أس أيدروجينى أعلى من ٤,٩ بسرعة . ويمكن إجراء ذلك بإضافة كمية قليلة من النوشادر إلى الماء .

ولا يحقق هذا التأثير للأس الأيدروجينى ، فى حالة غسيل أوراق الطبع ، نفس تلك الفائدة الكبيرة التى يحققها للأفلام والألواح الفوتوغرافية . وربما يرجع

السبب في هذا الاختلاف ، إلى أن الدعامة الورقية تلعب دورا هاما في التفاعلات التي تتم أثناء عمليات الغسيل .

استخدام ماء البحر في غسل المواد الفوتوغرافية :

لقد احتمل استعمال ماء البحر في الغسيل في تلك الأماكن التي يندر توافر مصادر مياه عذبة فيها أهمية خاصة بالنسبة للقوات المسلحة للولايات المتحدة أثناء الحرب العالمية الثانية. وقد وجد أنه في الأماكن غسل كل من الأفلام أو أوراق التصوير المشغولة ، في ماء البحر على أزمدة غسيل أقصر ، وذلك كما هو مبين في الشكلين التاليين . ويمكن تحت ظروف غسيل مشابهة عامة إزالة الهيبو من فوق الفيلم في زمن يقدر بحوالي ثلث الزمن العادي اللازم عند استخدام المياه العذبة ، أما بالنسبة لأوراق التصوير فإن الزمن اللازم لغسيلها في ماء البحر يقدر بما يتراوح من خمس إلى عشر زمن الغسيل العادي في المياه العذبة .

ولم يعرف حتى الآن بصفة محددة السبب في تمتع ماء البحر (وهو أساسا عبارة عن محلول قوته ٢,٦ في المائة من كلوريد الصوديوم) بهذا التأثير الملحوظ ، ولكنه من المؤكد أن ذلك التأثير يرتبط بالمحتوى الملحي لهذا الماء (أي بكمية الأملاح المذابة فيه) . وقد تم الحصول على نتائج مشابهة عند استخدام محلول من كلوريد الصوديوم قوته ثلاثة في المائة (من أنقى درجات ملح الطعام) بدلا من ماء البحر .

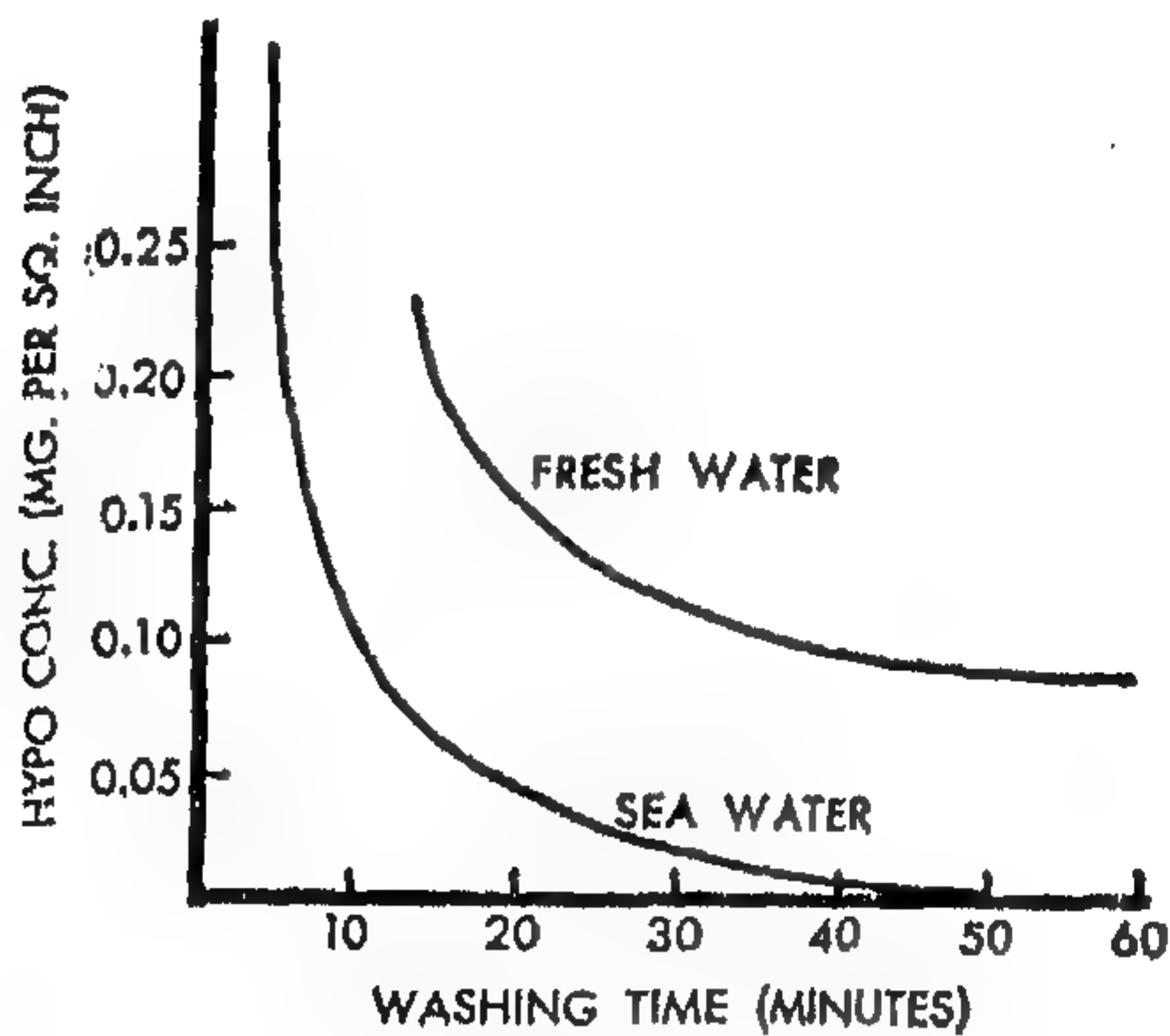
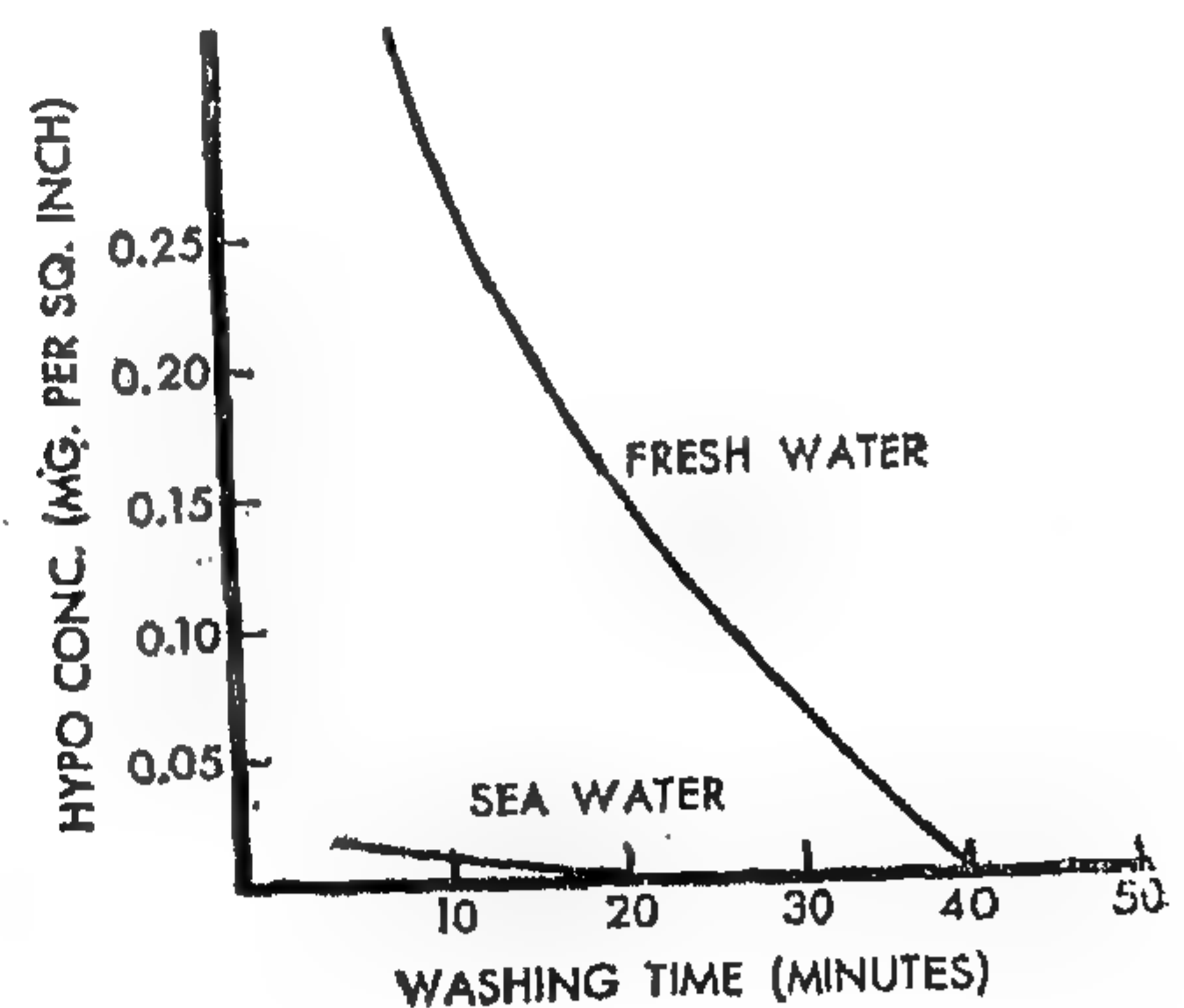


FIGURE 17. Paper

شكل رقم (٤٠)
التأثير الناتج عن استعمال ماء البحر في غسيل
الأوراق الفوتوغرافية



شكل رقم (٣٩)
التأثير الناتج عن استعمال ماء البحر في غسيل
الأفلام المشغولة

وعلى كل، فإنه من حيث دوام الصورة (أى قدرتها على البقاء) يترتب على ترك أى قدر من بقايا كلوريد الصوديوم على الأفلام أو على أوراق التصوير، إلى زيادة ميل الصورة إلى الخفوت بمرضى الوقت. وخاصة في وجود كميات قليلة من الهيبو. ومن ثم فإنه من الضروري—بصفة مطلقة—إزالة الأملاح الموجودة في ماء البحر من فوق المواد الفوتوغرافية بعد غسلها فيه. وذلك بإعادة غسلها لفترة تتراوح فيما بين دقيقتين إلى خمس دقائق في ماء عذب. ويؤدي استعمال محلول قلوى كوداك المتعادل في غسل أوراق التصوير إلى إنتاج تأثير شديد الشبه بذلك الذى ينشأ عن استعمال ماء البحر أو محلول ملح الطعام الذى قوته ٣٪، وذلك بالرغم من عدم وضوح هذا التأثير بدرجة كبيرة.

عوامل غسل مساعدة :

لقد بينت النتائج التى تم الحصول عليها عند استخدام ماء البحر ومحلول قوته ٣٪ من كلوريد الصوديوم، أنه يمكن تركيب محلول غسل أكفأ من أملاح غير عضوية فعالة (مثل كلوريد الصوديوم) ولكنها عديمة الضرر للصورة الفوتوغرافية من حيث دوامها (أى الصورة). وقد أطلق اصطلاح عوامل الغسيل المساعدة على هذا الصنف من المحاليل. وقد توافرت حديثا عدة منتجات من هذا النوع ذات ملكية خاصة للمصنعين مثل :

BFI 30, G—E Hypo Neutralizer & Kodak Hypo Clearing Agent
وخميعها ذات تأثير متشابه من حيث المقدرة على إزالة الهيبو المتبقى من فوق الأفلام وأوراق التصوير.

وقد تم استعمال هذه المنتجات بنجاح، سواء عند اتباع نظام للتشغيل بكميات صغيرة أو نظام للتشغيل المستمر بالنسبة لكل من الأفلام والورق. ولكنه يمكن تحديد أفضل طرق الإستخدام التطبيقى لكل نظام تشغيل، باستعمال اختبارات المراقبة لتحديد تركيز الهيبو المتخلف على الفيلم، وفي تقدير مدى الفاعلية الحقيقية لمساعدات الغسيل. وتشتمل أوجه النفع التى يمكن تحقيقها باستخدام مساعدات الغسيل بكفاية على ما يلى : (١) استهلاك أقل للماء والنفايات. (٢) زيادة الإنتاج. (٣) نقص نفقات وأجور العاملين (٤) انخفاض سعر الصورة السالبة والموجبة المطبوعة منها بالنسبة للمستهلك. (٥) تخلف كمية أقل من الهيبو على الأفلام وأوراق التصوير، مما يزيد بالتالى من الفترة الزمنية التى تظل فيها الصورة باقية دائمة.

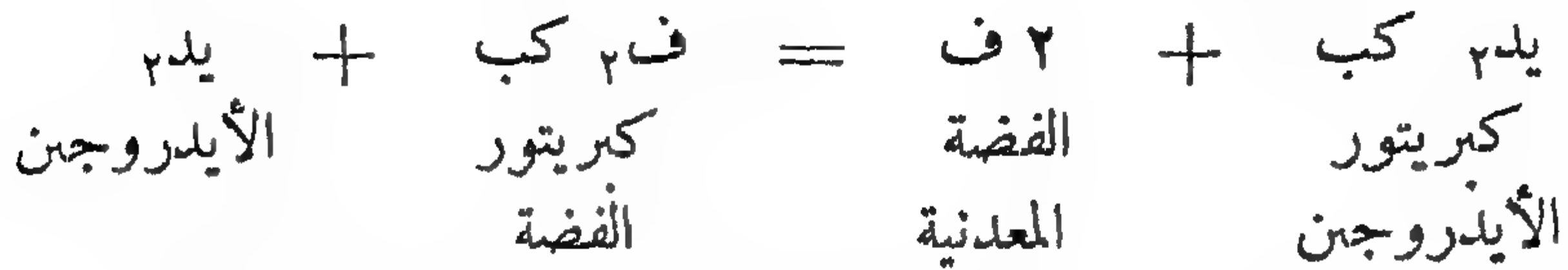
الباب الخامس عشر

مستلزمات الغسيل العملية

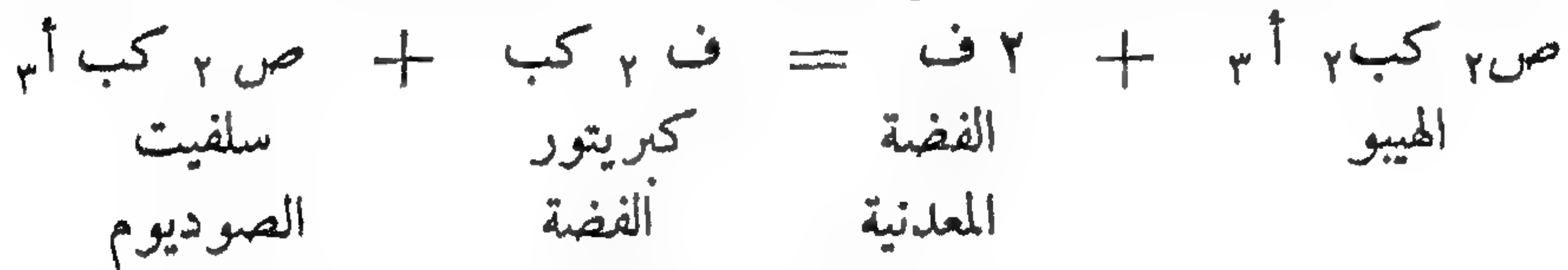
غالبا ما يتغاضى القائم بتشغيل عن أهمية الغسيل الدقيق ، بالرغم من أن الحاجة إليه قد عرفت منذ اختراع أوراق التصوير الفوتوغرافي الأولى . والغسيل مرحلة هامة للغاية من مراحل العملية الفوتوغرافية . وللفاعلية التي تجرى بها هذه العملية تأثير مباشر على صفات الحفظ المميزة للصورة السالبة والصورة الموجبة المطبوعة منها .

وليس هناك شيء مثير للضيق أكثر من ذلك الذي نستشعره عندما نجد أن الصور الموضوعة في ألبوم ، أو المعلقة في برواز قد تحولت ألوانها إلى الأصفر أو البنى . وكذلك عندما نكتشف أن التسجيلات الفوتوغرافية ذات القيمة الصناعية ، أو الخاصة بالأبحاث ، قد فقدت تفاصيل هامة بسبب خفوت (أو بهتان) الصورة . ومن حقنا الآن أن نتساءل عن السبب في هذه الأهمية التي تحظى بها عملية إزالة المواد الكيماوية (المستخدمة في تركيب المحلول المثبت) من فوق الصورة الفوتوغرافية : إذا تركنا الهيبيو على الصور الأبيض والأسود السالبة أو الموجبة ، فإن هناك تفاعلا ما يحدث بين الهيبيو والصورة الفضية ، وينتج عنه كبريتيد الفضة ذو اللون البنى المائل للأصفرار . ويشبه هذا التفاعل ذلك الذي يؤدي إلى تغيش الأدوات المصنوعة من الفضة الذي أشرنا إليه من قبل . فكلما التأثيرين من فعل المركبات المحتوية على الكبريت على الفضة . ففي هذه الحالة — حالة تغيش الأدوات الفضية — يتفاعل كبريتور

الأيدروجين المنبعث من غاز المواقد المستخدمة في الطهي أو غاز الفحم مثلاً ،
مع الفضة طبقاً للتفاعل الآتي :



وبطريقة مشابهة يتفاعل الهيو مع الفضة المعدنية المكونة للصورة كما يلي :



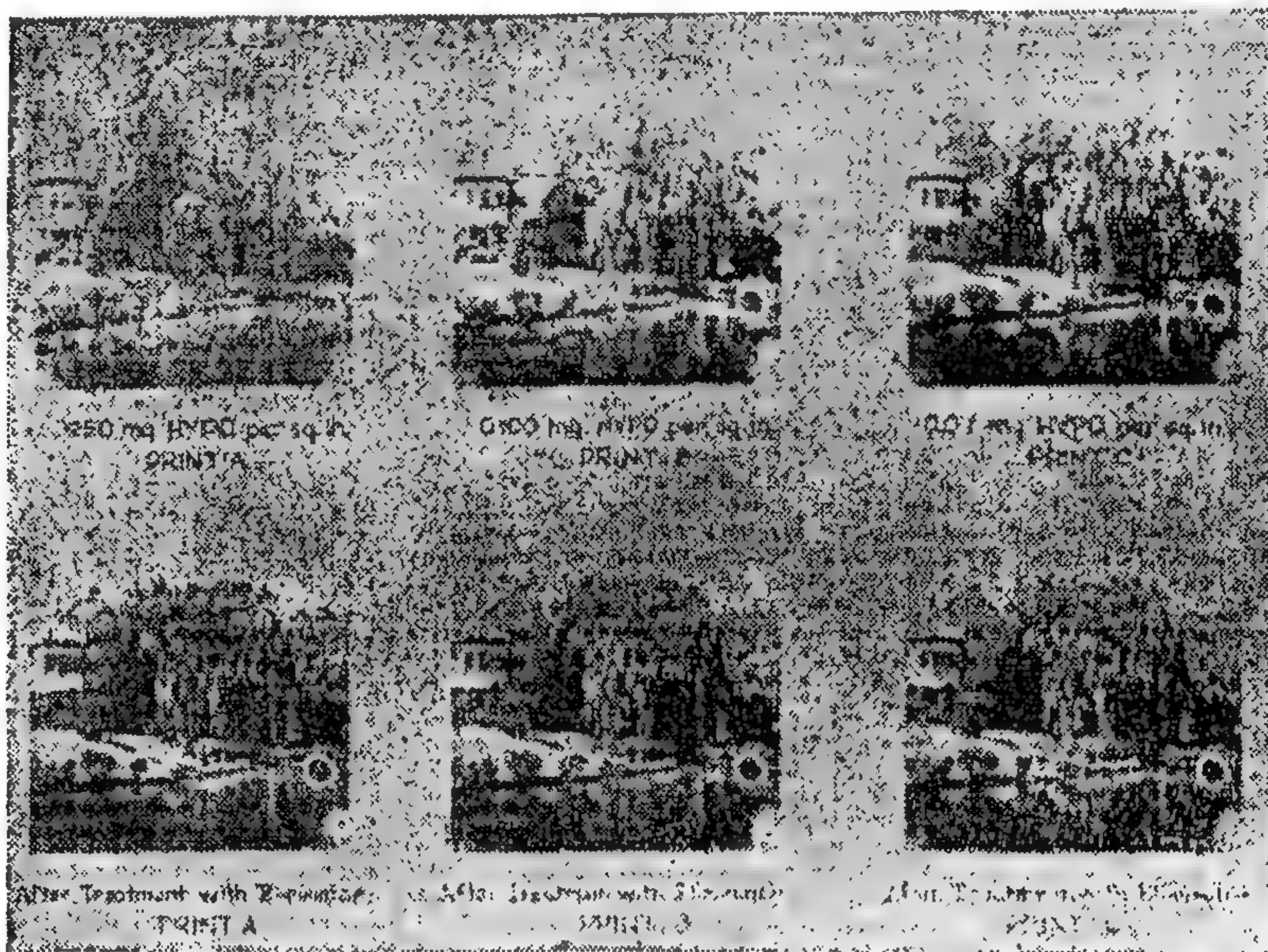
ويسمى التغير الذي يلم بلون الصورة نتيجة لهذا التفاعل بالخفوت أو البهتان .
وحيث ان أغلب التفاعلات الكيميائية تكتسب سرعة عند درجات الحرارة المرتفعة ،
وخاصة في وجود الرطوبة ، فان درجات الحرارة المرتفعة والرطوبة النسبية العالية
يسرعان بعملية تحول الفضة في الصورة إلى كبريتور الفضة . وعندما تتعرض
الصور المكبرة (أى التى قد تحول بعض من فضتها إلى كبريتيد فضة) إلى هذه
الظروف القاسية ، لفترات زمنية طويلة ، ولاسيما عندما تكون كمية الهيو المتبقية
عليها عالية جداً ، يتأكسد كبريتور الفضة ببطء إلى كبريتات الفضة ، وهى مركب
أبيض اللون وقابل للذوبان في الماء . وعندما يحدث هذا ، تأخذ الصورة في
الاختفاء فعلاً . ويبدأ الخفوت في مناطق الكثافة المنخفضة . ولا يمكن استعادة
ما انطمس من معالم هذه المناطق .

وإذا تركنا مركبات الفضة المعقدة منتشرة في الصورة السالبة أو الموجبة
المشغولة ، فانها تستطيع انتاج كبريتور الفضة . وخاصة في ظروف الحرارة والرطوبة
المرتفعتين . ويترتب على ذلك ظهور بقع ذات لون بني مائل للاصفرار من كبريتور
الفضة على الصور . وينشأ كبريتور الفضة من تحلل أو تفكك مركبات الفضة
والثيو كبريتات (الهيو) المعقدة التى لم توفق عملية الغسيل إلى إزالتها من فوق الصور .
وقد ينتشر اللون البني المائل للاصفرار على كل مساحة المادة الفوتوغرافية بما في ذلك
الإطار الأبيض (أو الشفاف) الذى يحد الصورة من نواحيها الأربعة . ومن ثم فان
بقاء مركبات الفضة والثيوسلفات على المواد الفوتوغرافية—ولو بكميات طفيفة نسبياً—
يؤدى إلى تلوثها في المستقبل بألوان غريبة غير مرغوب فيها .

وللغسيل الجيد أثناء تشغيل الصور الملونة أهمية مساوية لتلك التي له في حالة تشغيل الصور الأبيض والأسود . فبالرغم من أن الصورة الملونة تتكون من الصبغة بدلا من الفضة ، فانها معرضة كذلك لمهاجمة الهيبو أو أى مادة من كيمائيات التشغيل المتخلفة على العجينة الفوتوغرافية . وتتكون الصورة الملونة من ثلاث صبغات مختلفة الألوان : الصفراء والمagenta والسيان . ومن البديهي أن المواد الكيميائية تؤثر على كل صبغة بالذات من الصبغات الثلاثة بطريقة معقدة جداً . ولذلك نلقى صعوبة أكبر في التنبؤ بنتائج ذلك التأثير .

وحيث ان الصور الملونة يمكن أن تتأثر — بدرجة ملحوظة — بأقل التغيرات التي تلم بنسب الصبغات ، فمن المحتمل أن يؤدي بقاء المواد الكيماوية على العجائن الفوتوغرافية بعد التشغيل إلى إلحاق أضرار خطيرة بجودة الصورة .

ومن ثم فانه من الهام في أى عملية من عمليات تشغيل المواد الملونة أن يراعى توفير الغسيل الكافى كما ذكرنا في الباب السابق . وأن تتبع تعليمات التشغيل بدقة . وفي عمليات تشغيل الأنواع المختلفة من المواد الفوتوغرافية الملونة



شكل رقم (٤١)

خفوت الصور بتأثير الهيبو الذى لم يمكن إزالته بالغسيل . تبين الصورة الموجبة السفلى النتيجة التي يتم الحصول عليها عند التخلص من الهيبو في المحلول المخصص لذلك ، والمسمى (Hypo Eliminator HE—1)

تشتمل الخطوات الأخيرة من دورات التشغيل على حمامات ذات تركيب كيميائي يختلف باختلاف نوع الفيلم أو المادة الملونة الجارية تشغيلها . وبالتالي تتنوع مستلزمات الغسيل الذي يلي المعالجة في هذه الحمامات . وبذلك تعتبر محاولة دراسة جميع هذه العمليات بالتفصيل مسألة غير عملية . ومن ثم فسوف نقصر مناقشاتنا في الجزء الباقي من هذا الباب على مقتضيات الغسيل عامة ، وبعض العوامل المؤثرة في غسيل الصور الفضية الأبيض والأسود بعد مرورها بمرحلة التثبيت العادية .

وسوف نناقش عمليات غسيل الأفلام وأوراق الطبع الفوتوغرافية ، كل منهما على حدة ، لما بينهما من اختلاف في البناء . فالأفلام تتكون من طبقة من العجائن الفوتوغرافية المفروشة على الدعامات الفيلمية التي لا تمتص محاليل التشغيل . أما أوراق الطبع الفوتوغرافي فانها تتكون من ثلاث طبقات : الدعامة الورقية ، وفراش البارييتا Baryta Coating ثم العجينة الفوتوغرافية . وجميعها تمتص المواد الكيميائية في حمام التثبيت وتحتفظ بها . وتسلك الأوراق الفوتوغرافية المخصصة للنسخ الفوتوغرافي وتطبيقاته (مثل إعادة الحصول على اللوحات المرسومة بالنسخ الفوتوغرافي) على نفس المنوال فهي تتكون من الدعامة الورقية وطبقة العجينة الفوتوغرافية التي تغطيها . وهناك استثناء واحد يتمثل في الأوراق المضادة للماء Water Proof التي تسلك أساسا بنفس الكيفية التي تسلك بها المواد الفوتوغرافية الأخرى فهي عبارة عن عجينة فوتوغرافية مفروشة على أوراق مقاومة للبلل .

تشغيل الأفلام :

يعتبر استعمال حمامات التثبيت الحامضية المكسبة للصلابة طريقة عملية في تشغيل الأفلام الفوتوغرافية عامة . وذلك لأنه لا يمكن إكساب العجائن الفوتوغرافية أثناء التصنيع درجة كافية من الصلابة ، تسمح بتداول الفيلم بأمان طوال خطوات التشغيل المتعددة المحتمل أن يجريها المستهلك بنفسه . ولكنه يمكن في بعض الحالات الانتفاع بمزايا حمامات التثبيت غير المكسبة للصلابة أو بمزايا حمامات تثبيت خاصة حامضية ومكسبة للصلابة .

وعند استعمال شب البوتاش في حمامات التثبيت (وهو عبارة عن مادة تكسب الصلابة للجيلاتين) يجب زيادة زمن الغسيل بدرجة كبيرة عن ذلك اللازم

بعد التثبيت في حمام غير مكسب للصلابة ، ولكن قيمة الأس الأيدروجيني للمحلول لها تأثير كبير على عملية إكساب الصلابة وذلك كما بينا في الشكلين رقم (٣٨) و (٣٩). ولا يتطلب استعمال شب الكروم كمادة مقوية للجيلاتن زيادة زمن الغسيل . ولكن هذه الميزة لا تقدم من النفع ما يعوض عن المصاعب العملية التي يتم التعرض لها من جراء استعمال حمامات شب الكروم ، وصعوبة اخضاعها للتحكم والمراقبة .

وحيث ان الدعامة الفيلمية لا تمتص المواد الكيميائية الداخلة في تركيب محاليل التشغيل ، فان كل المطلوب من مرحلة الغسيل هو مجرد ازالة المواد الكيميائية من طبقة العجينة الفوتوغرافية . وتعتبر هذه العملية في حد ذاتها سهلة ، وغير معقدة ، ولا تستلزم إلا توافر مصدر مائي مناسب ، وأداة تشغيل ملائمة للامساك بالفيلم .

تشغيل أوراق الطبع الفوتوغرافي :

تعتبر أوراق الطبع الفوتوغرافي أكثر صعوبة في غسيلها من الأفلام . وذلك أولا لأن كمية الهيبو المتخلفة التي تحتفظ بها الدعامة الورقية وفراش الباريتا تفوق إلى حد بعيد تلك التي تحتفظ بها طبقة العجينة الفوتوغرافية الرقيقة نسبيا الموجودة على الدعامات الفيلمية . ويمكن تأكيد ذلك بواسطة الاختبارات الفوتوميكروغرافية Photomicrographic لقطاعات من أوراق الطبع الفوتوغرافي. التي قد عولجت في محلول نترات الفضة لتحويل الهيبو إلى كبريتور الفضة ذي اللون البني .

وهناك علاقة واضحة جدا بين زمن التثبيت وبين كفاية عملية غسيل أوراق الطبع الفوتوغرافية . فقد وجد أن زيادة أزمدة المعالجة في محاليل التثبيت عن تلك التي ينصح بها عادة والتي تتراوح فيما بين خمس دقائق إلى عشر دقائق يؤدي إلى زيادة انتشار الهيبو خلال البناء الداخلي لأنسجة الورقة وكذلك في الفجوات القائمة بين هذه الأنسجة. ومن الصعب للغاية إزالة ذلك الهيبو القابع داخل بناء الأنسجة بواسطة الغسيل. وقد تم التأكد من هذا باختبارات الغسيل العملية التي أجريت على كلا نوعي الأوراق ذات الوزن المنفرد ، وتلك ذات الوزن المزدوج التي عولجت في محاليل التثبيت لفترات زمنية طويلة للغاية . وقد بينت هذه التجارب ، عن طريق التحاليل الكيميائية ،

أن أوراق الطبع الفوتوغرافية ذات الوزن المزدوج تحتوى تقريبا على ضعف كمية الهيبو المتخلفة فى الورق ذى الوزن المنفرد ، حتى بعد استمرار الغسيل لمدة ثمان وأربعين ساعة . ومن الناحية الأخرى ، قد أمكن عند استعمال أزمنة التثبيت الموصى بها غسيل كلا النوعين فى نفس الفترة الزمنية ، وتختلف الهيبو عليهما بنفس التركيز . ومن ثم يجب تثبيت أوراق الطبع الفوتوغرافى طبقا لتوصيات مصنعها أى على أزمنة تتراوح من خمس دقائق إلى عشر دقائق فقط لتحقيق الحد الأقصى للدوام والحد الأدنى للزمن المستغل فى الإنتاج .

مصدر ماء الغسيل :

تؤثر صفات الماء المستخدم فى الغسيل على المواد الفوتوغرافية التى تغسل فيه . ومن هذه الصفات المواد الذائبة فيه ومدى تلوثه بالمواد الغريبة . ومن الحقائق المألوفة لكل فرد تقريبا أن بعض الماء الرائق تماما يسمى بالماء العسر ، وأن سبب العسر هو أملاح الكالسيوم أو المغنسيوم الذائبة فيه ، نتيجة لسريان الماء عبر أو فوق أنواع معينة من التربة أو التركيبات الصخرية . وتنشأ القشور التى تتواجد فى الغلايات البخارية أو التנקات نتيجة ترسب هذه الأملاح من الماء العسر بعد تبخيره . وليس للماء العسر أى تأثير ضار بالنسبة للأهداف المطلوب من عملية الغسيل تحقيقها . ويمكن استعماله دون خشية خطر تهديده لبقاء الصور السلبية أو الإيجابية .

ولكن الماء العسر قد يكون ملوثا أحيانا بالمواد المعدنية المترسبة أو ببعض دقائق الصدأ من المواسير الحديدية التى مر خلالها . ويمكن إزالة هذه الدقائق من الماء باستعمال مرشح مناسب . ويستطيع الصدأ أن يلتصق بالعجينة الفوتوغرافية محدثا بقعة بنية اللون على الإيجابية أو السلبية . ويترتب على ذلك ، فى كلتا الحالتين ، تشويه المظهر العام للصورة الإيجابية ، أو تكوين بقع معتمة على السلبات ، تظهر كبقعة بيضاء على الإيجابيات التى تطبع منها . وقد تلتصق الدقائق المعدنية مثل الرمل بالسلبات وتحدث بها خدوشا عند محاولة إزالتها .

وهذه مسألة خطيرة فى عمليات التشغيل التجارى لسلبات المحترفين ، وخاصة تلك الصغيرة الحجم ، مثل السلبات التى يتم تعريضها فى آلات التصوير الصغيرة الحجم ، لطبع الصور الكبيرة منها بآلات التكبير .

وقد يحتوى الماء الموجود فى بعض المناطق مثل تلك المحتوية على صخور نارية ، على كبريتيدات (أى كبريتوات) ذائبة . ويعتبر غليان الماء أفضل الطرق التى تتبع لإزالة الكبريتيدات ، إذ تتصاعد على هيئة غاز كبريتور الأيدروجين . ويجب إزالة هذه المركبات ، لأنها إذا بقيت فى الماء ووصلت إلى العجينة الفوتوغرافية تستطيع أن تؤثر على الصور الفضية على السليبات أو الإيجابيات . وفى بعض الأحيان قد لا يتوافر إلا الماء الموجود فى مناطق المستنقعات ، حيث يكون ملوثا بسبب إذابته للمواد الملونة المتبقية من الحضروات المتأكلة . ويمكن إزالة هذه البقايا بغلى الماء وترشيحه .

ومن المنطقي أن نقرر بصفة عامة أن المصدر المائى يعتبر ملائما بالنسبة لمقتضيات غسل المواد الفوتوغرافية إذا كان رائقا ، نظيفا ، خاليا من الصدا أو من الدقائق المعدنية ، ولا تنبعث منه رائحة الكبريتور عند تسخينه ، وحتى ماء البحر يمكن استخدامه كما ذكرنا من قبل فى الباب السابق .

الاختبارات التى تجرى لمراقبة عملية الفسيل :

من الضرورى لتقدير كفاية عملية غسل المواد الفوتوغرافية المشغولة أن نستعين بالاختبارات التى تبين كميتى الهيو والفضة المتخلفة عليها . وقد تمت التوصية باختبارات كثيرة وردت فى الأبحاث الفوتوغرافية . ويقوم أغلبها على التفاعلات الكيميائية التى تتم بين المواد الكيميائية المختلفة وبين منقوع القصاصات الصغيرة من السليبات أو الإيجابيات فى الماء . أو يقوم على القياسات الكهربائية لماء الغسيل . وتعتبر هذه الطرق غير دقيقة لأنها لا تدخل فى اعتبارها أملاح الهيو والفضة المتخلفة بين ثنايا العجائن الفوتوغرافية . ويصدق هذا بالذات على حالة أوراق الطبع الفوتوغرافية التى تتركب من دعامة ورقية وطبقة عجينة فوتوغرافية وفرش الباريتا . ولهذا الطبقات الثلاث مقدرة على الاحتفاظ بالهيو بحيث يصبح من الصعب إزالته ، وبالتالي لا ينتشر خارج قصاصات الورق المنقوعة فى الماء . وقد أكدت الأبحاث المتسعة هذه الحقائق وبينت أن التجارب التى تجرى لتقدير كميتى الهيو والفضة المتخلفتين على الأفلام يجب أن تجرى على قصاصات من الصور السالبة أو الموجبة .

الاختبارات التي تجرى على الايجابيات :

وصف كرابترى Crabtree ، وايتون Eaton ، موهلر Muehler في عام ١٩٤٣ اختبارا كيميا لتقدير كمية الهيبو المتخلفة في أوراق التصوير الفوتوغرافي . وتم تشغيل قطعتين من الورق ، إحداهما لم تستقبل تعريضا ضوئيا ، بينما الأخرى قد استقبلت تعريضا ضوئيا ، ولكنهما من نفس الحجم والنوع . ومرت قطعة الورق غير المعرضة للضوء بجميع مراحل دورة التشغيل . ثم غمرت بعد الغسيل في محلول حامضي من نترات الفضة ، حيث يتفاعل مع الهيبو منتجا عليها لطعة بلون بني مصفر من كبريتيد الفضة . وأزيل الفائض من نترات الفضة بمعالجة ورقة التصوير في محلول كلوريد الفضة لتحويل نترات الفضة إلى كلوريدها ، حيث يمكن إذابته بعد ذلك في محلول الهيبو . ولا بد من اتباع هذه الطريقة من أجل إزالة نترات الفضة الفائضة حتى لا تسود عند تعريضها للضوء وتعطى تحليلا زائفا .

وقاموا بقياس الكثافة الضوئية على الورق قبل وبعد المعالجة في محلول نترات الفضة بواسطة جهاز قياس كثافة مزود بالمرشح كوداك راتن رقم ٤٤ ذي اللون الأخضر - الأزرق . ويرجع الفرق بين القرائتين إلى كثافة كبريتيد الفضة التي تتناسب بالتالي مع الهيبو المتخلف (أى الموجود) على الورقة . وتمت قراءة كمية الهيبو من منحنى قياسى يبين العلاقة بين الكثافة وتركيز الهيبو . وتعتبر هذه الطريقة كمية ، ولا ينبغي استعمالها في عمليات التقدير الدقيق للهيبو المتخلف .

ونظرا لعدم ملائمة هذه الطريقة الكاملة للاستعمال في الكثير من عمليات الانتاج بالاستديوهات والمعامل ، فقد تمت التوصية بتحويلها إلى اختبار أبسط ، ويسمى باختبار النقطة (أو البقعة) وهو يعطى تقديرا تقريبا ونوعيا . ويقتضى هذا الاختبار وضع نقطة من محلول نترات الفضة المضاف إليها حامض الخليك (أى نترات الفضة الحامضية) على الطرف غير المطلوب من سطح العجينة الفوتوغرافية إما على ورقة مشغولة مبتلة ، وإما على ورقة غير مشغولة من الأوراق المستخدمة في الاختبار . وبعد أن ينقضى الزمن اللازم لاتمام التفاعل (وهو يتراوح من دقيقتين إلى ثلاثة)

تقارن البقعة (أو اللطعة) الناتجة بمجموعة من البقع المدرجة المطبوعة. ويعتبر توزيع تقدير الهيبو الذى تنتجه شركة كوداك ذا فائدة فى هذا الشأن .

الاختبارات التى تجرى على الأفلام الفوتوغرافية :

وصف كرايترى ، وروس فى ١٩٣٠ طريقة للتقدير الكمى للهيبو المتخلف على عينات من الأفلام . وقد وضعنا هذه الطريقة على أساس مقارنة التعكر الناتج فى محلول اختبار بتلك التعكرات التى تنتجها كميات معلومة من الهيبو . واستعملنا عدة أنابيب اختبار وضعنا فى كل منهما عشرة سنتيمترات مكعبة من محلول اختبار يحتوى على كلوريد الزئبقيك وبروميد البوتاسيوم مضافة إلى بعضها . ثم أتينا بمحلول يحتوى على كمية معروفة من الهيبو ووضعنا منه كميات متزايدة فى جميع أنابيب الاختبار المذكورة إلا اثنتين منها ، حيث وضعنا فى إحدهما قطعة مثنية من فيلم مشغول مساحتها بوصة مربعة واحدة . وظهر فى جميع الأنابيب راسب أبيض مباشرة تقريبا ، مما جعل السوائل الموجودة بها تبدو عكرة أى محملة بالشوائب . وبعد حوالى خمس دقائق مع التقليب من آن لآخر ، قاما بمقارنة الراسب المتكون فى الأنبوبة المحتوية على عينة الفيلم بالراسب الأبيض الناتج فى بقية الأنابيب لمعرفة أى الأنابيب تحتوى على أكثر الرواسب شبا بذلك الناتج فى تلك المحتوية على عينة الفيلم . ومن ثم تكون كمية الهيبو المتخلفة على الفيلم مساوية لكمية محلول الهيبو الذى قد أضيف للأنبوبة التى يشبه الراسب الموجود بها ذلك الذى ظهر فى الأنبوبة المحتوية على عينة الفيلم . ويمكن بهذه الطريقة قياس تركيزات الهيبو التى تقل عن ٠,٠٠٥ ملليجرام فى البوصة المربعة . وقد أضيف على قبول هذه الطريقة بمثابة اختبار قياسى لتقدير كمية الهيبو المتخلفة على الأفلام . وقد أوصى مكتب المواصفات القياسية بواشنطن ، د . س . National Bureau of Standards, Washington, D. C. باستعمال هذا الاختبار لتقدير كمية الهيبو المتخلفة على التسجيلات الفيلمية الدائمة . وقد حددت لها مواصفات تقتضى ألا تحتوى هذه التسجيلات على أكثر من ٠,٠٠٥ من المليجرام من الهيبو فى البوصة المربعة من الفيلم .

وبالرغم من التقدير الكمى الذى تتيحه هذه الطريقة فإنها تستنفذ وقتا . ومن الصعب استخدامها كاختيار روتينى فى عمليات مراقبة أعمال التشغيل التجارية(*)

(*) يقصد المؤلف أعمال التشغيل التجارية بالمعامل الفوتوغرافية فقط .
أما بالمعامل السينمائية ، فإنها هى الطريقة الوحيدة المستعملة . (المترجم)

وبالتالى يستخدم اختبار البقعة بواسطة محلول نترات الفضة وحامض الخليك الذى وصفناه من قبل نعتد الحديث عن تقدير الهيبو المتخلف على عينات من الأفلام بعد تعديله للملاءمة هذا الغرض كما يلى : توضع نقطة من المحلول على مساحة شفافة (أو راتقة) على طرف الفيلم. وبعد ترك الفيلم لفترة تتراوح بين دقيقتين وثلاث دقائق يشطف بالماء. ويعطى مدى وضوح البقعة الناتجة على الفيلم تقديرا مناسباً لكمية الهيبو المتخلفة. ويمكن عمل تقدير كمى متوسط الدقة بمقارنة البقعة الناتجة ببقع ملونة قياسية على تديج كوداك لتقدير الهيبو الذى يحتوى على بقع ملونة مطبوعة على لوحة من أسيتات السيلوز ، بأحبار طبع منتقاه لشدة شبهها بالبقع الناتجة على الاختبارات الفيلمية المحتوية على كميات معلومة مختلفة من الهيبو .

اختبار لتقدير كمية الفضة المختلفة :

يؤدى الاستمرار فى استعمال حمامات التثبيت حتى يصبح تركيز مركبات الفضة فى المحلول عاليا جدا إلى احتفاظ الأفلام والأوراق الفوتوغرافية التى يتم تثبيتها فيه ببعض هذه المركبات حتى بعد مرورها بعمليات غسيل مطولة ودقيقة . وتستطيع هذه المركبات الفضية أن تتحلل كما قررنا من قبل منتجة كبريتور الفضة الأصفر اللون الذى يبدو بمثابة بقعة فوق كل مساحة السلبية أو الإيجابية . وهو يبدو على درجة أكبر من الوضوح على أوراق الطبع بالذات بسبب خلفيتها البيضاء . والكمية الفعلية لمركبات الفضة المعقدة اللازمة لإنتاج هذا التأثير صغيرة جدا ، ولم يتم التوصل حتى الآن إلى طريقة لتقديرها تقديراً كمياً . ولكنه يمكن تقدير اللطع التى قد تنتج بالذات فى ظروف الحرارة والرطوبة العاليتين بطريقة تقريبية بواسطة اختبار النقطة البسيطة (Simple Drop Test) ، وهو يشتمل على وضع نقطة من محلول مخفف جدا من كبريتور الصوديوم (تركيزه ٠,٢٠ ٪) على المساحة الخالية من الصورة على المادة الفوتوغرافية الجافة (سواء أكانت فيلماً أم ورقاً) على أن تكون خالية من نقط الماء . ثم ملاحظة ظهور لطعة ملونة عاينها بعد مضي حوالى دقيقة . ويجب إزالة الكمية الفائضة من محلول الاختبار بواسطة مقبض

ورق النشاف قبل فحص اللطع التي تظهر على مساحة الاختبار . ومن الواضح أن الاختبار سوف يكون سالباً (أى لن تظهر اللطع) إذا كانت الأفلام أو الأوراق المطلوب اختبارها قد تم تثبيتها جيداً . بينما يشير ظهور أى بقع بلون أصفر خفيف إلى تواجد فضة متخلفة . ويجب إزالة هذه الفضة المتخلفة باعادة تثبيت الورق أو الفيلم في محلول تثبيت طازج ، ثم الغسيل بالماء .

مستلزمات الفسيل في التطبيق العمل :

لقد ناقشنا بعضاً من العوامل الهامة التي تؤثر على كفاية عملية غسيل المواد الفوتوغرافية . وهذه العوامل ذات أهمية بالنسبة للإنتاج فى أى استديو أو معمل يتطلع إلى التشغيل الناجح .

ومن حقنا أن نتساءل الآن :

إلى أى حد يتحتم علينا أن نستمر فى مرحلة الغسيل ؟

وتتوقف الإجابة بالطبع على الغرض الذى قد تم إعداد الصورة الفوتوغرافية من أجله . فمثلاً لا يحتاج الكثير من المجالات الصناعية إلى استعمال التسجيلات الفوتوغرافية إلا لفترات زمنية قصيرة جداً ثم تهمل بعد ذلك . وليس من الضرورى فى هذه الحالات بذل الجهد فى سبيل إزالة جميع الهيبو والفضة المتخلفة على الصور . أما بالنسبة للمعامل الفوتوغرافية للمحترفين ، والمصور الذى يعد الصور الشخصية ، والمنتج السينمائي ، وكثيرين غيرهم من الذين يهتمون بإنتاج تسجيلات فوتوغرافية يحتاج المستهلك إلى الاحتفاظ بها لفترات زمنية طويلة ، فإن الأمر يختلف . ويجب أن نأخذ فى اعتبارنا كل حالة من حالات التطبيق الفوتوغرافي هذه ، وأن ندرسها جيداً من حيث مدى الدوام (أو البقاء) المرغوب فيه للتسجيل الفوتوغرافي ، ثم نضع خطة التشغيل بناء على هذه الدراسة . وإذا ظهر لنا أى شك ، فإنه يجب أخذ جميع الاحتياطات العملية الكفيلة بضمان إنتاج أكثر التسجيلات بقاء ودواماً .

فى حالة عدم الحاجة إلى توفير حياة طويلة للتسجيل الفوتوغرافي ، فإنه ليس من الضرورى إزالة كل الفضة والهيبو المتخلفين على المادة الفوتوغرافية إلى الحد الأدنى المطلق . ومن ثم يتغير التطبيق العملى للغسيل فى الممارسة العملية تبعاً للمطلبين الآتين :

١ - الغسيل التجارى للمواد التى تتوقع لها حياة تقدر بعدة أجيال أو نحو ذلك .

٢ - الغسيل الأرشيفى Archival الذى يحتم إزالة كل المواد من فوق العجينة الفوتوغرافية ، سواء فى ذلك المواد التى قد تؤثر على منطقة الصورة أو تلك التى قد تؤثر على المنطقة الخالية منها أثناء فترة حياة الصورة الطويلة . ومن الصعب ، بل المستحيل أن تقدر درجات تركيز نوعية للهيو المتخلف التى يمكن السماح ببقائها على المواد الفوتوغرافية . إلا أنه قد أمكن اقتراح بعض الأرقام التى تشير إلى الحد الأقصى لدرجات تركيز الهيو المسموح ببقائها على بعض أنواع الأفلام والأوراق الفوتوغرافية ، وتم ذلك على أساس الخبرة بالتشغيل فى الظروف الجوية الحارة بالإضافة إلى الاختبارات التى أجريت عند درجة حرارة قدرها ١١٠ فهرنهيتى ودرجة رطوبة نسبية مقدارها ١٠٠ ٪ / للتعجيل بنفوت الصورة أو بهتانها .

الحد الأقصى المقترح لتركيزات الهيو المسموحة بها

للاستعمال الأرشيفى مليجرام لكل بوصة مربعة	للاستعمال التجارى مليجرام لكل بوصة مربعة	
		بالنسبة للأفلام
٠,٠٠٥	٠,٠٢	الفيلم السينمائى الموجب الدقيق الحبيبات . . .
٠,٠٠٥	٠,٢٠	الفيلم السينمائى السالب الكبير الحبيبات . . .
٠,٠٠٥	٠,١٥ - ٠,٢٥	أفلام الهواه والمحترفين
٠,٠٠٥	٠,٢٥ - ٠,٥٠	أفلام أشعة أكس
٠,٠٠٥	٠,١٥ - ٠,٢٥	أفلام أشعة أكس الدقيقة الحبيبات
		بالنسبة للطبع الفوتوغرافى
لا شئ	٠,١٠ - ٠,١٥	الأوراق ذات الوزن المزدوج
لا شئ	٠,٠٥ - ٠,١٠	الأوراق ذات الوزن المنفرد

ومن الوجهة العامة يمكن القول بأن الفوارق القائمة بين الحدود القصوى لدرجات التركيز المسموح ببقائها على الأفلام المختلفة الأنواع ترجع إلى حقيقة أن ميل العجائن الفوتوغرافية الدقيقة الحبيبات للخفوت تحت الظروف المعجلة بالخفوت يعتبر أسرع منه بالنسبة للعجائن الكبيرة الحبيبات .

والكميات المسموح ببقائها على الأفلام (أفلام الهواة والمحترفين) وأفلام أشعة اكس أكثر ارتفاعا، وذلك إما لأن هذه الأنواع أكثر بطأ في الخفوت كما في حالة أفلام أشعة أكس ، وإما لأن مستلزمات المحافظة على الصورة ليست صارمة كما هو الحال بالنسبة لأفلام الهواة والمحترفين .

وسواء أكانت التركيزات المقترحة للهيو المتبقى مرتفعة جدا أو منخفضة جدا فان ذلك يتوقف على ظروف التخزين أو الحفظ . وخاصة بالنسبة للرطوبة النسبية ودرجة الحرارة . فمثلا يمكن تخزين الصور الفوتوغرافية المحتوية على ١٠، ٠ من المليونجرام من الهيو في البوصة المربعة لعدة سنوات في أدراج حفظ الملفات عند درجات حرارة معتدلة بدون أن يصيبها ضرر ، في حين قد خفت طبعات مشابهة لما قد تم تخزينها في ظروف حارة . ومن ثم يجب أن يكون الغسيل في المناطق الحارة أكثر دقة ، لتحسين صفات بقاء الصورة . وربما كان من المحدى أن يستخدم في هذه الحالة مزيل مناسب للهيو لازالة أقل آثاره . وللوصول بهذه المناقشة إلى نهايتها رأينا أن نذكر بعض العوامل المحددة الهامة التي يجب الأخذ بها عند تخزين السليبات والايجابيات المطبوعة على الورق الفوتوغرافي .

ففي أغلب الأحيان تحفظ السليبات في أطرف مصنوعة من ورق الكرافت ويتم لصق أطراف الظرف الواحد (أثناء صناعته) من منتصفه . وفي الكثير من أنواع هذه الظروف تستخدم مادة لاصقة تستطيع أن تمتص بخار الماء من الهواء الجوى . ويترتب على وجود الصور في هذا الغلاف المشبع ببخار الماء قيام حالة مكافئة - من حيث جميع الأغراض العملية - لوجود الصور في جو تسوده درجة عالية من الرطوبة النسبية . وإذا احتوت الصورة السلبية على هيو وفضة (متخلفين عليها بعد الغسيل) فان مناطق الصورة المقابلة لموضع اللحام بالظرف سوف تخفت (تبهت) . ومن ثم يجب استعمال ظروف ملصوقة من جانبها ،

وليس في وسطها . وأن تستعمل في اللحام مادة لا تمتص بخار الماء . وتحتوى نشره المواصفات القياسية الأمريكية رقم 21 . 8 . Z38 على مواصفات أظرف تخزين الصور السلبية .

وعلى نفس المنوال تلصق الصور الايجابية على صفحات الألبوم بمادة لصق لا تستطيع أن تمتص الرطوبة، ولا تحتوى على الكبريت . فكلاهما ، أى الرطوبة والكبريت ، قادر على أن يحدث خفوتا موضعيا في الصورة . وأفضل طرق اللصق هي تلك التي يستعمل فيها نسيج صمغى لاصق .

ملحق رقم (١)

عمليات التصوير بالألوان

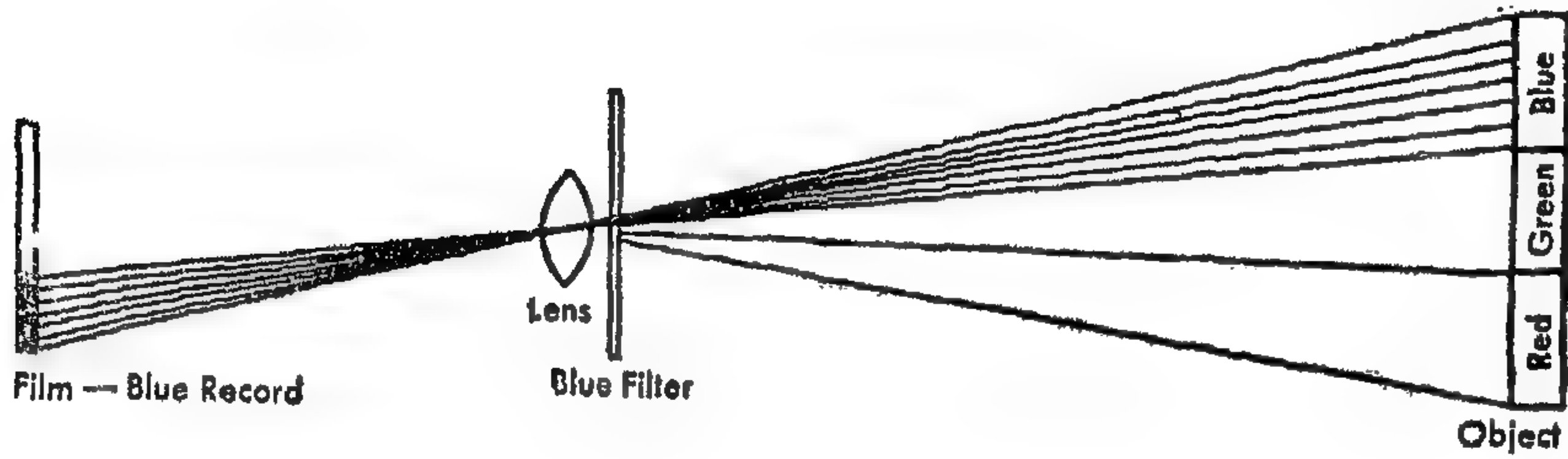
تختلف المواد الكيميائية المستخدمة في إكساب الحساسية للمواد الفوتوغرافية الملونة عن تلك المستخدمة في إكساب الحساسية للمواد الفوتوغرافية الأبيض والأسود بأنها أكثر تعقيداً .
وتقوم جميع عمليات الألوان المعروفة على نفس القواعد الأساسية العامة .

لقد تم وصف القواعد العامة للتصوير الفوتوغرافي الثلاثي الألوان في كثير من الأبحاث العلمية . وسنورد فيما يلي عرضاً عاماً مختصراً لهذه القواعد . وقد عمدنا في ذلك الموجز إلى التركيز على ما في العمليات الملونة من تعقيدات لا وجود لها في التصوير الفوتوغرافي الأبيض والأسود ، سواء قامت العملية على أساس نظام السالب / الموجب أو على النظام العكسي . ويساعدنا فهمنا لبناء المواد الملونة ومعرفة كيفية انتساب عمليات تشغيل الأفلام الملونة إلى عمليات تعريضها ، على الإلمام بهذه القواعد العامة .

وقد أشرنا في الباب الرابع إلى أنه يمكن تجزئة الحزمة المرئية إلى ثلاثة مناطق ملونة هي الأزرق والأخضر والأحمر ، وذلك باستعمال ثلاثة مرشحات ملونة زرقاء وخضراء وحمراء على الترتيب . فيقوم كل مرشح منها بانفاذ لونه وامتصاص بقية الألوان . ويحدث نفس الشيء عند تصوير الأجسام الملونة المضاءة بالضوء الأبيض على فيلم أبيض وأسود خلال مرشح مركب على عدسة آلة التصوير ، إذ يقوم المرشح بانفاذ لونه نفسه ويمتص بقية الألوان . فاذا كان المرشح أزرق ، فإن الفيلم

يسجل أجزاء الموضوع المصور ذات اللون الأزرق شكل رقم (٤٢) ولكنه لا يسجل أى لون من ألوان الموضوع الأخرى .

ومن ثم فإننا نستطيع باستعمال عجيبة فوتوغرافية ذات حساسية من النوع البانكروماتيك، وثلاثة مرشحات ملونة بالألوان الأولية الثلاثة: الأزرق والأخضر والأحمر، أن نحصل على ثلاثة تسجيلات منفصلة على الفيلم الموجود داخل آلة التصوير لأجزاء الموضوع المصور ذات الألوان الزرقاء والخضراء والحمراء . وهى تسجيلات الألوان الأساسية للموضوع .



شكل رقم (٤٢)

ومن المستحيل أن يتم فى التصوير الفوتوغرافى العملى إعداد ثلاثة تسجيلات منفصلة—كل واحدة منها على لوح واحد من ثلاثة ألواح فيلمية—لموضوع متغير أو متحرك إلا إذا استخدمنا آلة تصوير بالغة التعقيد باهظة التكاليف . وحتى بهذه الآلة يجب تحويل التسجيلات الأبيض والأسود الثلاثة المنفصلة بعد ذلك إلى صور إيجابية ملونة ، مما يحتاج إلى عديد من الأجهزة وإلى توافر الخبرة والوقت . ومن حسن الحظ أنه قد أصبح من الممكن تصنيع أفلام ملونة خاصة تستطيع تسجيل الألوان المنفصلة فى نفس الوقت . وأن نحصل منها بعد تشغيلها على الشفافية الملونة النهائية . وتسمى هذه الأفلام بالأفلام الملونة المتكاملة الثلاثية الطبقات ، ومن أمثلتها الفيلم الكوداكروم ، والفيلم الاكتاكروم ، والفيلم كوداك اكتاكولور ^(١) .

ويبين الشكل رقم (٤٣) الطبقات التى يتألف منها هذا النوع من الأفلام الملونة . ويسقط الضوء أثناء التعريض على الطبقة الحساسة للضوء الأزرق

(١) الأول والثانى من النوع العكسى ، والآخر من النوع السالب .
الترجم

أولا فينشأ عليها تسجيل للأجزاء الزرقاء في الموضوع المصور (صورة
كامنة لها) . وهذه الطبقة حساسة للضوء الأزرق فقط ، ولا تستجيب
للضوء الأخضر أو الضوء الأحمر . ومن ثم لا نحصل على هذه الطبقة إلا على
تسجيل للأجزاء الزرقاء . ولكن هاليدات الفضة الموجودة في جميع طبقات الفيلم
الملون حساسة للضوء الأزرق ، ولا يصل الضوء الأزرق إلى الطبقتين السفلتين على
الفيلم بفضل وجود طبقة من مرشح أصفر موضوعة بالكاد تحت طبقة العجينة الفوتوغرافية
الحساسة للضوء الأزرق . وتتكون هذه الطبقة من جزئيات دقيقة من الفضة وهي
تسمى « Carcy—Lca Silver » وهي بفضل لونها تمتص الضوء الأزرق من الضوء
المرار خلالها .



شكل رقم (٤٣)

ترتيب الطبقات على فيلم ملون

وتحتوى طبقة العجينة الفوتوغرافية الحساسة للضوء الأخضر على مكسبات
معينة الحساسية الطيفية تجعل هاليدات الفضة حساسة للضوء الأخضر دون الأحمر
الذى ينفذ خلالها إلى الطبقة السفلى .

وتحتوى طبقة العجينة الفوتوغرافية على صبغات مكسبة للحساسية الطيفية تجعل هاليدات الفضة حساسة للضوء الأحمر

وبالتالى فان الضوء النافذ خلال عدسة (آلة التصوير) الى الفيلم تتم تجزئته بواسطة طبقات الفيلم الملون المختلفة محدثة الانفصال اللوني . وتغطى خلفية الدعامه الفيلمية بطبقة مانعة للهالة الضوئية لتحسين قوة التحديد فى الصورة النهائية ، إذ تمنع الضوء الذى قد ينفذ عبر جميع طبقات العجينة الفوتوغرافية من الانعكاس مرتدا من فوق الدعامه الى طبقات العجينة الفوتوغرافية .

العمليات العكسية الملونة :

يمكن تمثيل بناء (أو تركيب) الأفلام العكسية الملونة المشغولة بالشكل رقم (٤٤) .

وقد نتساءل عن السبب فى أن الصبغات التى تتكون أثناء التشغيل تكون بالألوان الصفراء والمagenta والسيان ، وليس الزرقاء والخضراء والحمراء ؟

وهناك حقيقتان هامتان لابد من وضعهما فى الاعتبار حتى يمكن فهم هذه العملية الملونة :

١ - إن التعريض الأصيل يحدث تسجيلات للأجزاء الزرقاء والخضراء والحمراء التى يحتوى عليها الموضوع المصور .

٢ - إن رؤية الشفافية الملونة النهائية التى تنتج على الفيلم العكسى الموجب أو تلك التى نحصل عليها من طبع الفيلم الملون السالب تتم فى الضوء الأبيض . وهى يجب أن تسمح للكميات الصحيحة بالكاد من الألوان الزرقاء والخضراء والحمراء بالوصول إلى العين خلالها حتى تصبح شبيهة بالموضوع الأصيل . ونحصل على هذا التحكم فى الألوان عن طريق السماح للألوان المكملة للأزرق والأخضر والأحمر بالنشوء على المادة الفوتوغرافية الملونة أثناء التشغيل . وهى (أى الألوان المكملة) : الأصفر والمagenta والسيان على الترتيب . ومن ثم فان الأصفر يمتص الأزرق فى تلك المناطق التى لا يعكس فيها الموضوع ضوءاً أزرق ، والمagenta يمتص الأخضر حيث لا يوجد الأخضر ، والسيان يمتص الأحمر حيث لا يوجد الأحمر .

صبغة صفراء	—	تمتص الضوء الأزرق
صبغة ماجنتا	—	تمتص الضوء الأخضر
صبغة سيان	—	تمتص الضوء الأحمر

الدعامة القياسية الشفافة

طبقة شفافة لحماية الفيلم من الخدوش

شكل رقم (٤٤)

ترتيب طبقات فيلم ملون مشغول

العمليات السالبة / الموجبة الملونة :

إن العمليات الملونة مثل الكوداكولور ، والكوداك أكتاكولور ، والايستمان كولور السالب عمليات ملونة متكاملة ثلاثية الألوان مبنية على نفس قواعد التصوير الفوتوغرافي بالألوان الثلاثية . ويتم تشغيل الأفلام بعد التعريض للحصول منها على صور ملونة سالبة تتألف من الألوان المكملية الأصفر والمagenta والسيان .

ثم تستعمل الأفلام السالبة الملونة بعد ذلك لتعريض الأفلام الموجبة الملونة أو أوراق الطبع الملونة خلالها . والمواد التي يتم الطبع عليها تحتوي أساساً على نفس الطبقات الملونة التي يحتوي عليها الفيلم السالب الملون .

ونحصل على صور موجبة ملونة أو شفافيات ملونة من المواد المطبوعة — أى التي قد استقبلت تعريضاً ضوئياً في جهاز الطبع — بعد مرورها بدورة تشغيل شبيهة بتلك التي قد استخدمت للحصول على الصور السالبة . وكذلك تتألف هذه الصور من الألوان المكملية .

ومن ثم فإن الصبغات المكملية المتكونة على كلا الفيامين السالب والموجب قد تحكمت في امتصاص الألوان الأولية أثناء الرؤية والعرض . وإذا كان التعريض الأصلي صحيحاً فإن الصور الإيجابية الملونة سوف تأتي شبيهة تماماً بالموضوع الأصلي .

الملاحق رقم (٢)

جداول تحويل الوحدات المختلفة للموازين والمقاييس

في التطبيق الفوتوغرافي العمل بأمريكا توزن الأجسام الصلبة إما بواسطة وحدات Avoirdupois أو بوحدة النظام المترى . وتقاس السوائل بالتالى بواسطة النظام الموحد للسوائل U. S. Liquid أو بالمقاييس المترية . وتقدم الجداول التالية جميع القيم المتكافئة اللازمة لتحويل التركيبات الفوتوغرافية من نظام إلى آخر .

تحويل الموازين من نظام Avoirdupois الى النظام المترى

الأرطال	الأوقيات	القمححات	الجرامات	الكيلوجرامات
١	١٦	٧٠٠٠	٤٥٣,٦	٠,٤٥٣٦
٠,٠٦٢٥	١	٤٣٧,٥	٢٨,٣٥	٠,٠٢٨٣٥
		١	٠,٠٦٤٨	
	٠,٠٣٥٢٧	١٥,٤٣	١	٠,٠٠١
٢,٢٠٥	٣٥,٢٧	٣٥٤٣٠	١٠٠٠	١

التحويل من النظام الموحد للسوائل الى المقياس المترى

الحالون	الكارت Quarts	الأوقيات السائلة	الدراهم السائلة	السنتمترات المكعبة	الترات
١	٤	١٢٨	١٠٢٤	٣٧٨٥	٣,٧٨٥
٠,٢٥	١	٣٢	٢٥٦	٩٤٦,٣	٠,٩٤٦٣
		١	٨	٢٩,٥٧	٠,٠٢٩٥٧
		٠,١٢٥	١	٣,٦٩٧	٠,٠٠٣٦٩٧
		٠,٠٣٣٨١	٠,٢٧٠٥	١	٠,٠٠١
٠,٢٦٤٢	١,٠٥٧	٣٣,٨١	٢٧٠,٥	١٠٠	٩

معاملات التحويل

قممحات لكل أوقية سائلة اضرب في ٠,٠٦٨٤٧ = جرامات لكل لتر

أوقيات لكل ٣٢ أوقية سائلة اضرب في ٢٩,٩٦ = جرامات لكل لتر

أرطال لكل ٣٢ أوقية سائلة اضرب في ٧٤٩,٣ = جرامات لكل لتر

جرامات لكل لتر اضرب في ١٤,٦٠ = قممحات لكل ٣٢ أوقية سائلة

جرامات لكل لتر اضرب في ٠,٠٣٣٣٨ = أوقيات لكل ٣٢ أوقية سائلة

جرامات لكل لتر اضرب في ٠,٠٠٢٠٨٦ = أرطال لكل ٣٢ أوقية سائلة

جرامات لكل لتر تساوى تقريبا أوقيات لكل ٣٠ كارتاً

جرامات لكل لتر تساوى تقريبا أرطال لكل ١٢٠ جالوناً

أوقيات سائلة لكل ٣٢ أوقية اضرب في ٣١,٢٥ = سنتيمترات مكعبة لكل لتر

سنتيمترات مكعبة لكل لتر اضرب في ٠,٠٣٢ = أوقيات سائلة لكل ٣٢ أوقية

سم \times ٠,٣٩٣٧ = بوصات

بوصات \times ٢,٥٤٠٠ = سم

الملاحق رقم (٣)
جدول جزئي العناصر الكيميائية

الرقم الذري	الوزن الذري	الرمز		الاسم
		بالإنجليزية	بالعربية	
٨٩	٢٢٧	Ac	كت	أكتينيوم
١٣	٢٦,٩٨	Al	لو	ألومنيوم
٥١	١٢١,٧٦	Sb	نت	أنتيمون
١٨	٢١,٩٤٤	A	جو	أرجون
٣٣	٧٤,٩١	As	ز	زرنيخ
٥٦	١٣٧,٣٦	Ba	با	باريوم
٤	٩,٠١٣	Be	بير	بيريلىوم
٨٣	٢٠٩	Bi	بذ	بزموت
٥	١٠,٨٢	B	ب	بورون
٣٥	٧٩,٩١٦	Br	بر	بروم
٤٨	١١٢,٤١	Cd	كدا	كادميوم
٢٠	٤٠,٠٨	Ca	كا	كالمسيوم
٦	١٢,٠١١	C	ك	كربون
٥٥	١٣٢,٩١	Cs	سنز	سيزيوم
١٧	٣٥,٤٥٧	Cl	كل	كلور
٢٤	٥٢,٠١	Cr	كرو	كروم
٢٧	٥٨,٩٤	Co	كوكو	كوبلت
٢٩	٦٣,٥٤	Cu	كوح	نحاس
٩	١٩	F	فل	فلور
٣١	٦٩,٧٢	Ga	جل	جاليوم
٣٢	٧٢,٦	Ge	جر	جرمانيوم
٧٩	١٩٧	Au	ذ	ذهب
٧٢	١٧٨,٥٨	Hf	هف	هافنيوم
٢	٤,٠٠٣	He	هـ	هليوم
١	١,٠٠٨	H	يد	هيدروجين
٤٩	١١٤,٨٢	In	ند	انديوم
٥٣	١٢٦,٩١	I	ى	يود
٧٧	١٩٢,٢	Ir	يم	ايريديوم
٦٢	٥٥,٨٥	Fe	ح	حديد
٦٣	٨٣,٨	Kr	كبير	كريبتون
٨٢	٢٠٧,٢١	Pb	س	رصاص
٣	٦,٩٤	Li	لث	ليثيوم
١٢	٢٤,٣٢	Mg	مغ	مغنسيوم
٢٥	٥٤,٩٤	Mu	م	منجنيز
٨٠	٢٠٠,٦١	Hg	ك	زئبق

الرقم الذري	الوزن الذري	الرمز		الإسم
		بالإنجليزية	بالعربية	
٤٢-	٩٥,٩٥	Mo	مو	موليبدينم
١٠	٢٠,١٨٣	Ne	ني	نيون
٢٨	٥٨,٧١	Ni	نك	نيكل
٤١	٩٢,٩١	Nb	نيب	نيوبيوم
٧	١٤,٠٠٨	N	ن	نيتروجين
٧٨	١٩٠,٢	Os	مز	أزميوم
٨	١٦	O	ا	أكسجين
٤٦	١٠٦,٧	Pd	بلد	بلاديوم
١٥	٣٠,٩٧٥	P	فو	فسفور
٧٨	١٩٥,٠٩	Pt	بلا	بلاتين
٨٤	٢١٠	Po	بل	بولونيوم
١٩	٣٩,١	K	بو	بوتاسيوم
٨٨	٢٢٦,٠٥	Ra	ر	راديوم
٨٦	٢٢٢	Rn	د	رادون
٧٥	١٨٦,٢٢	Re	نيم	رهنيوم
٤٥	١٠٢,٩١	Rh	يمو	رهوديوم
٣٧	٨٥,٤٨	Rb	بيد	روبيديوم
٤٤	١٠٩,١	Ru	تم	روبيديوم
٢١	٤٤,٩٦	Sc	سك	سكانديوم
٣٤	٧٨,٩٦	Se	سل	سيلينيوم
١٤	٢٨,٠٩	Si	س	سليكون
٤٧	١٠٧,٨٨	Ag	ف	فضه
١١	٢٢,٩٩١	Na	ص	صوديوم
٣٨	٨٧,٦٣	Sr	ست	ستراشيوم
١٦	٣٢,٠٦٦	S	كب	كبريت
٧٣	١٨٠,٩٥	Tu	تا	تانتالم
٥٢	١٢٧,٦١	Te	(تلو)	تيلوريوم
٨١	٢٠٤,٣٩	Tl	ثل	ثليوم
٩٠	٢٣٢,٠٥	Tn	ثو	ثوريوم
٥٠	١١٨,٧	Sn	ق	قصدير
٢٢	٤٣٧,٩	Ti	تي	تيتانيوم
٧٤	١٨٣,٨٦	W	تن	تنجستن
٩٢	٢٣٨,٠٧	U	يو	يورانيوم
٢٣	٥٠,٩٥	V	فا	فاناديوم
٥٤	١٣١,٣	Xe	نو	زينون
٣٩	٨٨,٩٢	Y	يتر	يتريوم
٣٠	٦٥,٣٨	Zn	خ	زنك (خارصين)
٤٠	٩١,٢٢	Zr	كن	زركونيوم

ثم طبع هذا الكتاب بالهيئة العامة
للكتب والأجهزة العلمية - مطبعة
جامعة القاهرة - في يوم الخميس
الموافق ٢٠ من نوفمبر سنة ١٩٦٨
مدير المطبعة
أحمد سلامة



مطبعة جامعة القاهرة

Bibliotheca Alexandrina
مكتبة الإسكندرية



0284881